

CLIMATE CHANGE

13/2011

Energieeffizienz in Zahlen

Endbericht

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 3708 41 121
UBA-FB 00 1469

Energieeffizienz in Zahlen

Endbericht

von

**Verena Graichen, Sabine Gores,
Gerhard Penninger, Wiebke Zimmer,
Vanessa Cook**
Öko - Institute, Berlin

**Barbara Schlomann, Tobias Fleiter,
Adrian Strigel, Wolfgang Eichhammer**
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI),
Karlsruhe

Hans-Joachim Ziesing
Hans-Joachim Ziesing, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter <http://www.uba.de/uba-info-medien/4136.html> verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4359

Durchführung der Studie:	Öko-Institut Schicklerstr. 5-7 10179 Berlin	FhG-ISI Breslauer Str. 48 76139 Karlsruhe	Dr. Hans-Joachim Ziesing Fasanenstr. 62 10719 Berlin
Abschlussdatum:	November 2010		
Herausgeber:	Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau-Roßlau Tel.: 0340/2103-0 Telefax: 0340/2103 2285 E-Mail: info@umweltbundesamt.de Internet: http://www.umweltbundesamt.de http://fuer-mensch-und-umwelt.de/		
Redaktion:	Fachgebiet I 2.5 Energieversorgung und -daten Marion Dreher, Reinhard Böhnke		

Dessau-Roßlau, Juli 2011

Berichtskennblatt

1. Berichtsnummer	2.	3.
4. Titel des Berichts Energieeffizienz in Zahlen		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Cook, Vanessa; Eichhammer, Wolfgang; Fleiter, Tobias; Graichen, Verena; Gores, Sabine, Penninger, Gerhard, Schломann, Barbara; Strigel, Adrian; Ziesing, Hans-Joachim; Zimmer, Wiebke		8. Abschlussdatum 23.11.2010
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Öko-Institut, Schicklerstr. 5-7. 10, D-10179 Berlin FhG-ISI, Breslauer Str. 48, D-76139 Karlsruhe		9. Veröffentlichungsdatum
		10. UFOPLAN-Nr. 3708 41 121
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 D-06844 Dessau		11. Seitenzahl 239
		12. Literaturangaben 128
		13. Tabellen und Diagramme 22
		14. Abbildungen 89
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Um zu überprüfen, ob die Entwicklung der Energieproduktivität bzw. der Energieeffizienz den politisch gesetzten Zielen entspricht, ist ein System von aussagefähigen Indikatoren und Kennziffern zur Energieeffizienz auf gesamtwirtschaftlicher und sektoraler Ebene zu entwickeln, dessen Daten regelmäßig aktualisiert und dokumentiert werden können. Dabei reicht es nicht aus, dies allein auf der Makroebene zu tun, vielmehr ist es notwendig, einen möglichst sektoral differenzierten Ansatz zu verfolgen. Nur so kann klarer aufgezeigt werden, welches die Gründe der Effizienzveränderungen sind bzw. welche Faktoren die Wirkungen von Maßnahmen kompensiert haben können.		
17. Schlagwörter Energieeffizienz, Energieproduktivität, Indikatoren, Energieverbrauch, Sektor Haushalte, GHD, Industrie, Verkehr		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No.	2.	3.
5. Report Title Energy efficiency in figures		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Cook, Vanessa; Eichhammer, Wolfgang; Fleiter, Tobias; Graichen, Verena; Gores, Sabine, Penninger, Gerhard, Schlomann, Barbara; Strigel, Adrian; Ziesing, Hans-Joachim; Zimmer, Wiebke		8. Report Date 2010-11-23
6. Performing Organisation (Name, Address) Öko-Institut, Schicklerstr. 5-7. 10, D-10179 FhG-ISI, Breslauer Str. 48, D-76139 Karlsruhe		9. Publication Date
		10. UFOPLAN-Ref. No. 3708 41 121
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 D-06844 Dessau		11. No. of Pages 239
		12. No. of References 128
		13. No. of Tables, Diagrams 22
		14. No. of Figures 89
15. Supplementary Note		
16. Abstract To examine whether the development of energy productivity and energy efficiency in Germany is in line with targets set by policy, a series of energy efficient indicators and parameters have been developed on the national and sectoral level, the data for which can be regularly updated and documented. It is not sufficient to carry out this analysis on a national macro level; rather it is necessary to use an approach that differentiates between sectors as accurately as possible. Only in this way can the reasons for changes in efficiency and the factors which could have compensated the impact of measures be clearly shown.		
17. Keywords Energy efficiency, energy productivity, indicators, energy consumption, residential sector, tertiary sector, industry, transport		
18. Price	19.	20.

Zusammenfassung

Für die Überprüfung von Energieproduktivitäts- und –einsparzielen, wie sie für Deutschland sowohl aus EU-Vorgaben als auch aus nationalen Zielsetzungen resultieren, ist es erforderlich, die Entwicklung der Energieproduktivität bzw. der Energieeffizienz kontinuierlich mittels geeigneter Indikatoren zu verfolgen. Dabei ist es sinnvoll, nicht nur die hochaggregierte gesamtwirtschaftliche Ebene zu betrachten, sondern einen sektoral differenzierten Ansatz zu verfolgen. Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, Indikatoren und Kennziffern zur Energieeffizienz auf gesamtwirtschaftlicher und sektoraler Ebene zu entwickeln, dessen Daten regelmäßig aktualisiert und dokumentiert werden können.

Private Haushalte

Rund 27 % des gesamten Endenergieverbrauchs entfallen in Deutschland im Jahr 2008 auf die privaten Haushalte. Die Höhe des Energieverbrauchs der Haushalte hängt im Wesentlichen von der Anzahl der Einwohner, der Wohnfläche, der energetischen Qualität der Wohngebäude, der Art und Effizienz der Heizungsanlagen sowie der Ausstattung und Effizienz der Haushaltsgeräte ab. Für einen bottom-up-Ansatz liegen nicht ausreichende statistische Daten für die Berechnung des Endenergieverbrauchs vor: Zum einen sind die zur Betrachtung der Energieeffizienz erforderlichen Verbrauchsgrößen (wie z.B. Raumtemperaturen, Anzahl, Dauer und Intensität des Betriebs elektrischer Geräte) stark nutzerabhängig. Zum anderen ist eine Erfassung des Energieverbrauchs nur bis auf die Ebene des jährlichen Brennstoff- und Stromverbrauchs möglich, eine Aufteilung auf die einzelnen Anwendungszwecke kann anschließend nur durch unterlegte Annahmen durchgeführt werden, da die Energieträger häufig für verschiedene Anwendungszwecke genutzt werden (z.B. Heizöl zur Raumwärme- und Warmwasserbereitung).

Für die Berechnung und Darstellung der Endenergieverbräuche wurde deshalb ein top-down-Ansatz unter Verwendung aggregierter Daten verfolgt. Als zentrale Quelle für den Endenergieverbrauch im Haushaltssektor wird die jährlich veröffentlichte Anwendungsbilanz der Projektgruppe Nutzenergiebilanzen (AGEB/BDEW 1996-2007) verwendet, die auf den Auswertungstabellen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen basiert. Damit kann der Endenergieverbrauch im Zeitraum von 1996 bis 2007 untersucht werden. Die Anwendungsbilanz untergliedert den Endenergieverbrauch der Haushalte nach fünf Anwendungsbereichen und nach Energieträgern und enthält eine Lagerbestandbereinigung. Zusätzlich wurde eine Anpassung an die aktuelle Energiebilanz sowie eine Temperaturbereinigung des Raumwärmeanteils durchgeführt. Mit Hilfe dieser Daten wurden durch den Bezug auf die Wohnbevölkerung, Wohneinheiten sowie Wohnflächen Kennzahlen zum Endenergieverbrauch gewonnen. Für Angaben zu der Bevölkerung, den Haushalten, Wohnflächen und Wohneinheiten wurden dabei die Daten des Statistischen Bundesamtes verwendet. Des Weiteren wurden die Entwicklungen von Wärmeerzeugungssystemen, von Wärmedämmverbundsystemen sowie von Haushaltsgeräten betrachtet, an denen sich ein zunehmend effizienterer Umgang mit Energie ablesen lässt.

Der temperaturbereinigte Endenergieverbrauch der Haushalte betrug im Jahr 1996 738 TWh. Nach einem Anstieg um 8,8 % bis zum Jahr 2000 ist ein sinkender Trend zu beobachten, der im Jahr 2007 mit 721 TWh um 2,3 % unter dem Wert des Jahres 1996 liegt. Der mit Abstand größte Anteil ist der Endenergieverbrauch für die Raumwärme, mit einem im betrachteten Zeitraum gleichbleibendem Anteil von etwa 75 %. Die Größen mit entscheidendem Einfluss auf den gesamten Endenergieverbrauch sind somit die Faktoren, die den Verbrauch an Raumwärme bestimmen: die Größe und Anzahl von Wohnungen sowie die energetische Qualität der Gebäude und der Heizungssysteme.

Im Zeitraum von 1991 bis 2007 stieg die gesamte Wohnfläche in Wohn- und Nichtwohngebäuden um 23 %, die Anzahl der Wohneinheiten nahm um 17 % zu, bei einem nur leichten Bevölkerungswachstum von 4 %. Pro Wohneinheit (WE) ist seit 1998 ein kontinuierlich sinkender temperaturbereinigter Gesamt-Endenergieverbrauch zu beobachten: von 23,0 MWh/WE im Jahr 1998 auf 19,6 MWh/WE im Jahr 2007. Aufgrund der verbesserten energetischen Qualität der Wohngebäude sank der temperaturbereinigte Raumwärme-Endenergieverbrauch ebenfalls: bezogen auf die Wohnfläche von 200 kWh/m² im Jahr 1998 auf 161 kWh/m² im Jahr 2007. Dass trotz des fortgesetzten Trends steigender Wohnflächen und zunehmender Ein-Personen-Haushalte seit dem Jahr 2000 der Endenergieverbrauch der Haushalte sinkt, lässt auf einen zunehmend effizienteren Energieeinsatz schließen.

Eine Zeitreihe mit statistisch gesicherten Daten zum energetischen Zustand des Gebäudebestands ist nicht verfügbar, das Einsparpotenzial wird dort jedoch als sehr hoch angesehen: So könnten 60 % des Raumwärme-Endenergieverbrauchs durch konsequente Komplettisanierungen des Gebäudebestands auf das Niveau der Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 für Neubauten eingespart werden. Für Neubauten ließe sich der Raumwärmebedarf durch die generelle Annäherung der EnEV-Grenzwerte an das Passivhaus-Niveau weiter senken.

Die Technik der Heizkessel hat erhebliche Fortschritte gemacht, so dass neue Heizkessel eine bis zu 35 % bessere Ausnutzung der eingesetzten Energie ermöglichen. Das Erneuerungspotenzial ist sehr hoch, denn das Durchschnittsalter der Öl- und Gasfeuerungsanlagen beträgt derzeit 24 Jahre. Der Anteil Erneuerbarer Energien hat im Bereich der Raumwärme erheblich zugenommen und lag im Jahr 2007 bei 11 %, was dazu beigetragen hat, dass die CO₂-Emissionen in diesem Segment um 18 % gesunken sind.

Rund 11 % des Endenergieverbrauchs der Haushalte wird der Erzeugung von Warmwasser zugeschrieben, mit einem etwa parallelen Verlauf zur Entwicklung im Raumwärmebereich. Der Endenergieverbrauch, der für das Kochen und die Elektrogeräte und Pumpen identifiziert wurde, ist hingegen im betrachteten Zeitraum um 27 % bzw. 24 % gestiegen. Da eine Person in einem Zwei-Personen-Haushalt durchschnittlich nur 74 % der spezifischen Endenergie eines Ein-Personenhaushaltes für diese Anwendungszwecke verbraucht, wurde der deutliche Anstieg der Anzahl an (Ein-Personen-) Haushalten als Hauptursache für diese Entwicklung identifiziert. Hauptsächlich damit verbunden ist der kontinuierlich gestiegene Bestand an Elektrogeräten. Die Stromver-

bräuche pro Gerät sind im Allgemeinen gesunken, bei den meisten Elektro-Großgeräten gefördert durch die Einführung der Effizienzklassen. Allein bei den Fernsehgeräten ist ein steigender Verbrauch etwa seit dem Jahr 2005 zu verzeichnen. Der Endenergieverbrauch für die Beleuchtung pro Wohneinheit hat im betrachteten Zeitraum konstant abgenommen, trotz stetig steigender Wohnflächen pro Wohneinheit.

Industrie

Der Industriesektor ist der am besten durch eine jährliche Datenerhebung abgedeckte Sektor. Dies gilt sowohl für den Energieeinsatz der Industrie insgesamt und einzelner Branchen als auch für relevante Aktivitätsgrößen wie die Bruttowertschöpfung, den Produktionsindex und die physische Produktion in Tonnen für einzelne energieintensive Produkte wie Papier oder Stahl. Diese Daten stehen auf jährlicher Basis aus der Energieverbrauchs- und Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes zur Verfügung. Für den Energieverbrauch wird jedoch vorgeschlagen, zwecks Vergleichbarkeit mit den übrigen Verbrauchssektoren zunächst auf die aus der Energieverbrauchsstatistik des Statistischen Bundesamtes abgeleiteten Daten der nationalen Energiebilanz zurückzugreifen, die 14 Industriebranchen unterscheidet.

Auf dieser Datengrundlage wird für den Industriesektor die regelmäßige Berechnung folgender Indikatoren vorgeschlagen:

Einfache Kennzahlen des Energieverbrauchs, bei denen der Energieverbrauch oder die CO₂-Emissionen des Gesamtsektors sowie einzelner Branchen und Produkte/Prozesse auf folgende Aktivitätsgrößen bezogen wird: reale Bruttowertschöpfung, Produktionsindex, physische Produktion in Tonnen.

Einen Indikator mit Komponentenzerlegung des Energieverbrauchs, bei dem die Veränderung des Energieverbrauchs auf folgende Faktoren zurückgeführt wird: Veränderung der Produktionsleistung (Aktivitätseffekt), Veränderung der strukturellen Zusammensetzung des Industriesektors (Struktureffekt), sonstige Veränderungen, insbesondere die technische Effizienz der Energienutzung (Effizienz- oder Intensitätseffekt).

Einen re-aggregierten Indikator, bei dem auf Branchenebene ermittelte Effizienzverbesserungen summiert werden (ODEX Industrie).

Im hier untersuchten Zeitraum zwischen 1991 und 2007 entwickelten sich diese Indikatoren wie folgt:

Während die industrielle Bruttowertschöpfung und der Produktionsindex im Betrachtungszeitraum deutlich anstiegen, ging der Endenergieverbrauch leicht von 748 auf 735 TWh zurück. Der auf die reale Bruttowertschöpfung bzw. den Produktionsindex der Industrie bezogene (spezifische) Energieverbrauch zeigte dementsprechend eine rückläufige Entwicklung; d.h. es fand eine Entkopplung zwischen industriellem Produktionswachstum und Wachstum des Energieverbrauchs statt. Der auf die industriellen CO₂-Emissionen bezogene Indikator geht noch deutlicher zurück, da gleichzeitig eine Substitution von Stein- und Braunkohle zum CO₂-ärmeren Erdgas stattgefunden hat.

Wie die Komponentenerlegung des Energieverbrauchs zeigt, war der beobachtete Rückgang des spezifischen Energieverbrauchs vor allem auf Verbesserungen der Energieeffizienz in den einzelnen Industriezweigen zurückzuführen. Aber auch der industrielle Strukturwandel, der leicht zu Lasten überdurchschnittlich energieintensiver Branchen (Papier, Steine-Erden, Ernährung, Glas, Stahl) verlief, trug zu einem geringeren Teil zum beobachteten Rückgang der Energieintensität bei. Ohne diese verbrauchsmindernd wirkenden Faktoren wäre der Verbrauch allein aufgrund des Produktionswachstums zwischen 1991 und 2007 um knapp 220 TWh gewachsen.

Der beobachtete Rückgang der Energieintensität ist dabei vor allem auf Verbesserungen der Energieeffizienz in den einzelnen Industriezweigen zurückzuführen, die zwischen 1991 und 2007 eine Verbrauchsreduktion um 136 TWh bewirkten.

Die Entwicklung des re-aggregierten Energieeffizienzindex (ODEX), bei dem die Effizienzverbesserung auf der Ebene der 14 Branchen der Energiebilanz gemessen und zu einem Gesamtindex aggregiert wurde, bestätigt die dominierende Bedeutung der Energieeffizienz für die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauchsentwicklung in der Industrie. Insgesamt verbesserte sich die Energieeffizienz nach diesem Indikator im Zeitraum 1991-2007 um rund 22 %.

Ergänzend zu den genannten, auf jährlich verfügbarer statistischer Datengrundlage zu berechnender Indikatoren stellen empirische Daten zur Diffusion bzw. Verbreitung energieeffizienter Technologien eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung und Evaluierung von politischen Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz dar. Solche Diffusionsindikatoren sind jedoch bisher nur für sehr wenige industrielle Querschnittstechniken verfügbar. Als eines der wenigen Beispiele für Diffusionsindikatoren in der Industrie kann die jährliche Veröffentlichung von CEMEP zu den Marktanteilen energieeffizienter Elektromotoren genannt werden, die jedoch auch nur auf europäischer Ebene verfügbar ist.

Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Der Sektor GHD umfasst ein sehr heterogenes Spektrum von Wirtschaftszweigen, die sich auch im Hinblick auf die Höhe und Struktur ihres Energieverbrauchs z.T. deutlich unterscheiden. Neben dem gesamten Dienstleistungsbereich (Handel, Gastgewerbe, Banken und Versicherungen, öffentliche Einrichtungen, Gesundheitswesen, Erziehung und Unterricht sowie sonstige private Dienstleistungen) sind diesem Sektor in der deutschen Energiebilanz auch die Land- und Forstwirtschaft, militärische Dienstleistungen sowie das Baugewerbe zugeordnet. In der Energiebilanz wird dieser sehr heterogen zusammengesetzte Verbrauchssektor als Restgröße definiert und weist innerhalb der nationalen Energiestatistik die größten Datenunsicherheiten auf. Energieverbrauchsdaten für einzelne Branchen innerhalb des GHD-Sektors werden in der Energiebilanz nicht ausgewiesen. Diese werden jedoch im Rahmen von seit einigen Jahren regelmäßig im GHD-Sektor durchgeführten Erhebungen zum Energieverbrauch (bisher für die Jahre 2001, 2004 und 2006) ermittelt. In Kombination mit statistisch fundierten

Abschätzungen für fehlende Zwischenjahre lassen sich Energieverbräuche auf Branchenebene ab 2001 auch im zeitlichen Verlauf darzustellen.

Aufgrund der heterogenen Zusammensetzung des GHD-Sektors ist auch die Bestimmung geeigneter Aktivitätsgrößen, die die Entwicklung des Energieverbrauchs zutreffend bestimmen, schwieriger als in den übrigen Sektoren. Auf jährlicher Basis stehen als mögliche Aktivitätsgrößen für den GHD-Sektor die reale Bruttowertschöpfung und die Erwerbstätigen aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamtes zur Verfügung. Für einzelne Branchen gibt es auch geeignete branchenspezifische Bezugsgrößen (z. B. die Anzahl der Schüler und Studenten, die Bäderfläche oder die Zahl der Hotelübernachtungen), die ebenfalls jährlich vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht werden. Für raumwärmeintensive Bereiche des GHD-Sektors dürfte die (beheizte) Nutzfläche am besten mit dem Energie- und insbesondere dem Brennstoffverbrauch korrelieren und somit einen geeigneten technisch orientierten Indikator darstellen. Dieser ist jedoch nicht auf regelmäßiger Basis aus der offiziellen Statistik verfügbar, sondern lediglich für einzelne Jahre auf der Grundlage von Befragungsergebnissen.

Auf dieser Datengrundlage wird für den GHD-Sektor die regelmäßige Berechnung folgender Indikatoren vorgeschlagen:

Einfache Kennzahlen des Energieverbrauchs, bei denen der Energieverbrauch bzw. die CO₂-Emissionen des Gesamtsektors sowie einzelner Subsektoren auf folgende Aktivitätsgrößen bezogen wird: reale Bruttowertschöpfung, Erwerbstätige, branchenspezifische Aktivitäten (für einzelne Branchen) sowie für einzelne Jahre auch Nutzfläche in m².

Entsprechende temperaturbereinigte Indikatoren, bei denen der Raumwärmeanteil des Energieverbrauchs mittels Gradtagszahlen um den Einfluss von Witterungsunterschieden zwischen einzelnen Jahren bereinigt wird.

Indikatoren mit Komponentenerlegung des Energieverbrauchs und re-aggregierte Energieeffizienzindikatoren wie der ODEX sind für den GHD-Sektor bisher wenig aussagekräftig, da die für die Berechnung dieser Indikatoren erforderlichen Energieverbrauchsdaten auf Branchenebene bisher nur für einen kurzen Zeitraum (2001-2006) vorliegen. Daher wird vorgeschlagen, im GHD-Sektor auf die Berechnung dieses Indikators vorerst zu verzichten.

Im hier untersuchten Zeitraum zwischen 1991 und 2007 entwickelten sich diese Indikatoren wie folgt:

Während die Bruttowertschöpfung im Betrachtungszeitraum um knapp 40 % wuchs, lag der Anstieg der Erwerbstätigen lediglich bei 18 %. Auch wenn es aufgrund der heterogenen Struktur des GHD-Sektors nicht möglich ist, eine für alle Subsektoren gleichermaßen geeignete Bezugsgröße für den Energieverbrauch zu bestimmen, so dürfte doch die Zahl der Erwerbstätigen insgesamt besser mit dem Energieverbrauch korrelieren als die Bruttowertschöpfung. Der Endenergieverbrauch im GHD-Sektor ging zwischen 1991 und 2008 um knapp 20 % zurück. Dies war nur auf den Rückgang bei den Brennstoffen zurückzuführen, während der Stromverbrauch um rund 15 % zunahm.

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen folgte weitgehend dem Verlauf des Endenergieverbrauchs, nur war der Rückgang noch etwas ausgeprägter.

Die Gegenüberstellung von tatsächlichem und temperaturbereinigtem Verbrauch zeigt, dass der Stromverbrauch wegen des geringen Raumwärmeanteils kaum beeinflusst wird, während die temperaturbereinigte Entwicklung bei der Endenergie, den Brennstoffen sowie den CO₂-Emissionen gleichmäßiger verläuft.

Der Energieverbrauch pro Einheit Bruttowertschöpfung ging zwischen 1991 und 2008 bei den Brennstoffen deutlich um knapp 50 % zurück, während beim Strom nur ein moderater Rückgang von 17 % zu verzeichnen war. Ursache dafür ist die Zunahme von Stromanwendungen insbesondere für Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in Bürogebäuden und für Klimatisierung und Kühlung in Bürogebäuden sowie im Handel und Gastgewerbe, die gleichzeitig stattfindende Effizienzverbesserungen teilweise kompensierte. Bezogen auf die Zahl der Erwerbstätigen fiel der spezifische Verbrauchsrückgang bei den Brennstoffen mit rund 40 % zwischen 1991 und 2008 geringer aus als bezogen auf die Bruttowertschöpfung, der Stromverbrauch pro Erwerbstätigem blieb nahezu konstant.

Verkehr

Die entscheidenden Größen, die das Verkehrsgeschehen beschreiben, sind vor allem Fahrleistungen (zurückgelegte Fahrzeug-Kilometer), Verkehrsaufkommen (beförderte Personen oder beförderte Tonnen) und Verkehrsleistungen (Personenkilometer oder Tonnenkilometer). Wichtige Datenquellen für statistische Daten im Verkehrssektor sind einerseits die DIW-Publikation „Verkehr in Zahlen“, Daten des Kraftfahrtbundesamtes und des Statistischen Bundesamtes wie auch Publikationen von Verbänden und Unternehmen. Um die Indikatoren für die einzelnen Verkehrsträger und diese dann wiederum differenziert nach Personen- und Güterverkehr aufeinander abgestimmt und damit vergleichbar darstellen zu können, ist es wichtig, alle wesentlichen Datengrundlagen einem Modell zu entnehmen. Aufbauend auf der Vielzahl der verschiedenen, zum größten Teil unabhängig voneinander erhobenen, statistischen Daten im Verkehrssektor gibt es grundsätzlich zwei Modelle, die das Verkehrsgeschehen für den Sektor Verkehr in seiner Gesamtheit darstellen: TREMOD und das DIW-Modell. Bei der Verwendung der DIW-Daten ist die sehr detaillierte und jährlich aktualisierte Fahrleistungsbeziehung der Kraftfahrzeuge von Vorteil, ebenso die garantierte jährliche Aktualisierung und Veröffentlichung über „Verkehr in Zahlen“. Der Vorteil bei der Verwendung von TREMOD liegt hingegen in den detailliert aufeinander abgestimmten Informationen für alle Fahrzeugkategorien für die kompletten Zeitreihen ab dem Jahr 1990. Außerdem ist es das offizielle Tool zur Berichterstattung des Umweltbundesamtes. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieses Projektes das TREMOD-Modell als wesentliche Grundlage zur Ableitung der Energieeffizienzindikatoren im Verkehrssektor gewählt.

Als Bezugsgrößen für Energieeffizienzindikatoren im Sektor Verkehr kommen vor allem die folgenden Kenngrößen in Betracht: Verkehrsaufkommen und -leistung differenziert nach Personen- und Güterverkehr, Fahrleistungen insgesamt, im Personen- bzw. Güterverkehr, nach Verkehrsarten sowie nach Verkehrsmitteln, Reichweite pro Energie-

einheit: z.B. km/10kWh (für einen Bus, Straßenbahn, Bahn, Auto, Motorrad, Flugzeug), Bestandsdaten der einzelnen Verkehrsträger sowie sozio-ökonomische Trends, wie Bevölkerung und Bruttoinlandsprodukt.

Wesentliche Beobachtung zwischen 1990 und 2008 ist, dass im Verkehrssektor der Endenergieverbrauch um rund 8 % von 2.379 PJ auf 2.575 PJ angestiegen ist. Grund hierfür sind die steigenden Verkehrsleistungen im Personen- und Güterverkehr, denn die Energieeffizienz hat in diesem Zeitraum deutlich zugenommen. So hat der Energieverbrauch pro Personenkilometer um ca. 12 % zwischen 1995 und 2008 abgenommen. Diese Kenngröße bildet die Effizienzsteigerung der einzelnen Verkehrsträger, die Verlagerung hin zu effizienteren Verkehrsträgern und eine Erhöhung der Auslastung mit ab. Die differenzierte Betrachtung zeigt, dass bei allen Verkehrsträgern seit 1995 eine Effizienzverbesserung im Bereich von 10 % zu verzeichnen ist. Die Bahn weist mit rund 30 % die höchsten Effizienzgewinne auf. Der spezifische Realverbrauch des Pkw-Bestandes hat verglichen mit dem Verbrauch im Jahr 1990 um rund 18 %, der der neu zugelassenen Pkw zwischen 2000 und 2008 um etwa 10 % abgenommen.

Auch im Güterverkehr zeigt sich, dass in den letzten 20 Jahren deutliche Effizienzgewinne (bezogen auf die pro Kilometer transportierte Tonne) erfolgten. Auf der Straße (Lkw > 3,5 Tonnen und Sattel/Lastzüge) liegen sie im Betrachtungszeitraum bei 33 %, auf der Schiene bei 29 %. Hier wird ebenfalls der Verlauf der relativen Minderung des Energieverbrauchs pro Tonnenkilometer durch den Straßenverkehr dominiert. Gleichzeitig sinkt der Energieverbrauch pro zurückgelegten Tonnenkilometer des gesamten Güterverkehrs mit etwa 20 % aufgrund von Verkehrsträgerverlagerungen deutlich geringer als der der einzelnen Verkehrsträger.

Makroebene

Im Unterschied zu den sektoralen Betrachtungen geht es bei Analysen der Energieeffizienz auf der Makroebene vor allem um die Frage nach den Treibern von Energieverbrauchsgrößen in einer Volkswirtschaft insgesamt sowie um die Veränderungen des Verhältnisses zwischen hoch aggregierten Energieverbrauchsgrößen einer Volkswirtschaft einerseits sowie ökonomischen und demographischen Merkmalen andererseits. Indikatoren auf Makroebene haben den Nachteil, dass weder die möglicherweise völlig unterschiedliche Entwicklung in den einzelnen Verbrauchssektoren noch die Vielzahl struktureller Einflussfaktoren sichtbar werden, die hinter der Entwicklung hoch aggregierter Energieverbrauchsindikatoren stehen können. Insoweit ist die inhaltliche Aussagefähigkeit derartiger Indikatoren begrenzt und beinhaltet die Gefahr von Fehlinterpretationen. Die Vorteile der Indikatoren auf Makroebene sind auf der anderen Seite vor allem darin zu sehen, einen schnellen, meist aktuelleren sowie zudem einen leicht verständlichen und vermittelbaren Überblick über hoch aggregierte Trends, nicht zuletzt auch für internationale Quervergleiche, zu ermöglichen. Auch im Hinblick auf die Verwendung zur Erfolgskontrolle können Energieverbrauchsindikatoren auf Makroebene einige Vorteile aufweisen, da sie ohne größeren Aufwand zu ermitteln sind. Inwieweit der Primär- oder der Endenergieverbrauch als Ausgangsgröße für Energiever-

brauchsindikatoren vorzuziehen sind, ist nicht eindeutig zu beantworten und hängt auch von den jeweils verfolgten Zielsetzungen ab.

Die wichtigsten Datenquellen für die Bildung von Indikatoren auf der Makroebene sind die Energiebilanzen bzw. die Auswertungstabellen zu den Energiebilanzen der AG Energiebilanzen sowie die Emissionsinventare des Umweltbundesamtes auf der einen Seite sowie die relevanten Daten des Statistischen Bundesamtes zur demographischen und gesamtwirtschaftlichen Entwicklung auf der anderen Seite.

Für die Definition von Energieverbrauchsindikatoren ist zunächst zu klären, welche Energieverbrauchsgrößen zugrunde gelegt werden sollten. Die auf der Makroebene am häufigsten verwendete Größe ist der Primärenergieverbrauch, der sich zusammensetzt aus dem Endenergieverbrauch (EEV), dem nichtenergetischen Verbrauch sowie dem gesamten Energieverbrauch im Energiesektor (Verbrauch bei der Energieumwandlung und Primärenergieträergewinnung, Energieumwandlungsverluste, sonstige Energieverluste sowie statistische und Bewertungsdifferenzen). Teilweise werden auf gesamtwirtschaftlicher Ebene jedoch auch Indikatoren des Endenergieverbrauchs verwendet. Angaben zum Primär- und Endenergieverbrauch sind den nationalen oder internationalen Energiebilanzen zu entnehmen und somit statistisch leicht verfügbar. Der Primärenergieverbrauch ist einerseits sehr weit von den eigentlichen Energieverbrauchsentscheidungen der Gesamtwirtschaft, nämlich derjenigen im Endenergiebereich, entfernt. Andererseits erfasst er auch die Gesamtverluste des Energiesystems, was beispielsweise für Prognosen, aber auch für die Funktion einer Erfolgskontrolle mit Hilfe von Energieverbrauchsindikatoren ein wesentlicher Gesichtspunkt ist.

Bei der quantitativen Messung des Primär- oder Endenergieverbrauchs werden die einzelnen Energieträermengen im Allgemeinen zunächst in ihren marktüblichen physikalischen Handelseinheiten dimensioniert und dann mit Hilfe eines einheitlichen Umrechnungsfaktors zu einer Globalgröße zusammengefasst. Zu beachten ist auch die Witterungsabhängigkeit des Energieverbrauchs, die die Aussagefähigkeit von Energieverbrauchsindikatoren deutlich beeinflussen kann.

Als Basis für die Bildung von Energieeffizienzindikatoren auf der Makroebene kommen unterschiedliche Energieverbrauchskategorien in Betracht, wobei hier nicht nur die Ursprungswerte, sondern auch temperatur- sowie – ggf. – lagerbestandsbereinigte Größen herangezogen werden sollten:

- Primärenergieverbrauch (ggf. nach Energieträgern),
- Umwandlungseinssatz, Umwandlungsausstoß,
- Endenergieverbrauch insgesamt (ggf. nach Energieträgern),
- Bruttostromverbrauch.

Ergänzend lassen sich auf der Makroebene wegen des klimaschutzspezifischen Interesses auch emissionsbezogene Indikatoren bilden:

- CO₂-Emissionen insgesamt,
- Treibhausgasemissionen insgesamt;

als demographische und ökonomische Bezugsgrößen werden im Allgemeinen herangezogen

- die demographischen Veränderungen (Bevölkerung) sowie
- die gesamtwirtschaftliche Entwicklung (Bruttoinlandsprodukt, preisbereinigt).

Die Quotienten zwischen den unterschiedlichen Bezugsgrößen lassen sich dann als Effizienzindikatoren unterschiedlichen Aussagegehaltes interpretieren. Neben den eher gebräuchlichen Produktivitätsindikatoren bzw. Effizienzindikatoren, die eine Aussage darüber zulassen, welches (preisbereinigte) Bruttoinlandsprodukt je Einheit Primärenergieverbrauch bzw. je Einheit Endenergieverbrauch oder je Einheit Bruttostromverbrauch „erwirtschaftet“ wird, sind auch die Pro-Kopf bezogenen Relationen sowie die primär energiewirtschaftlich orientierten Relationen von Interesse, beispielsweise die Relation von Endenergieverbrauch zu Primärenergieverbrauch, die einen Eindruck von dem gesamten Umwandlungsverlust in einer Volkswirtschaft vermittelt. Ähnlich interessant sind Niveau und Entwicklung der impliziten Nutzungsgrade, die sich für die einzelnen Umwandlungssektoren (oder für den Umwandlungssektor insgesamt) aus dem Verhältnis des jeweiligen Umwandlungsausstoßes zum entsprechenden Umwandlungseinsatz ermitteln lassen. Zu dieser Kategorie zählt auch die Ermittlung des Nutzungsgrades für die Stromerzeugung aus dem Verhältnis von Bruttostromerzeugung zu Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung. Unter Klimaschutzpolitischen Aspekten kommen als Effizienzindikatoren das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zu den Treibhausgas- bzw. CO₂-Emissionen sowie die jeweiligen Pro-Kopf Emissionen in Betracht.

Ein besonderer Aussagewert kommt insbesondere dem Produktivitätsindikator „Bruttoinlandsprodukt je Einheit Primärenergieverbrauch“ schon deshalb zu, weil die Bundesregierung sich zum Ziel gesetzt hat, die so definierte Energieproduktivität bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 zu verdoppeln. Im Sinne eines Monitorings kann diese Kennzahl fortlaufend ermittelt werden, um festzustellen, ob sich die effektive Entwicklung auf dem angestrebten Produktivitätspfad befindet oder ggf. durch energiepolitische Maßnahmen nachgesteuert werden muss.

Neben der weiteren Bestimmung und Erarbeitung von Effizienzindikatoren auf der Makroebene sei auch auf die Effizienzeffekte hingewiesen, die sich aus den Veränderungen der Energieträgerstruktur ergeben. Dies ist speziell mit Blick auf den Stromsektor von Interesse, weil sich hier die konventionellen Festlegungen im Hinblick auf die energetische Bewertung der erneuerbaren Energieträger Wind, Wasser und Solar (mit einem impliziten Nutzungsgrad von 100 %) einerseits und der Kernenergie (mit einem impliziten Nutzungsgrad von 33 %) bei jeder Veränderung dieser beiden Energieträger(gruppen) im Niveau des Primärenergieverbrauchs niederschlagen: Steigende Anteile von Wind, Wasser und Solar in Kombination mit fallenden Anteilen der Kernenergie führen unmittelbar zu positiven Effizienzwirkungen auf der Makroebene. Schließlich werden mit Hilfe von Methoden der Komponentenerlegung Aussagen über die Wirkungsbeiträge der wichtigsten Treiber des Energieverbrauchs wie der CO₂-Emissionen getroffen.

Die zahlreichen tabellarischen und graphischen Darstellungen im Endbericht liefern einen plastischen Eindruck von der Entwicklung der jeweiligen für die Makroebene entwickelten Effizienzindikatoren in der Periode von 1990 bis 2008.

Executive Summary

To enable assessment of the targets for energy productivity and energy savings set both on EU and national levels it is necessary to continually track the development of energy productivity and efficiency using suitable indicators. In doing so, it is important to take into consideration not only the highly aggregated national level but also a more specific level which differentiates according to sector. The aim of this research project is to develop indicators and parameters for Germany both on the macro and sectoral level, the data for which can be regularly updated and recorded.

Households

Approx. 27 % of the total final energy consumption in Germany in 2008 is attributed to households. The amount of energy a household consumes depends mainly on the number of inhabitants, living space, the energy efficiency of the building, the type and efficiency of the heating systems, and the features and efficiency of the domestic appliances used. However there is not sufficient statistical data available to calculate the final energy consumption for a bottom-up approach to be undertaken: Firstly the analysis of necessary input factors (like room temperature, number, duration and intensity of appliances used) is strongly dependent on behavioural factors, which is very difficult to estimate. Secondly, data on final fuel and energy consumption can only be collected on an annual basis. A more detailed analysis on the share of each application would depend on underlying estimations, as energy carriers are frequently used for various purposes (e.g. fuel oil is used for both space heating and hot water generation).

Consequently a top-down approach was chosen for the calculation and presentation of final energy consumption. The end-use balances published each year by AGEBA/BDEW (1996-2007) will be used as a key data source for establishing the final energy consumption in the residential sector. As a result the final sectoral energy consumption from 1996 to 2007 can be determined. The end-use balances are sub-divided in five different categories of end use, energy source, and additionally contain corrected inventory data. Moreover, the data was adjusted to the current energy balance and the temperature in the share of space heating was corrected. By relating this data to residential population, residential units and living space, conclusions could be drawn on final energy consumption. Data of the German Federal Statistical Office was used for population, households, living space, and residential units. Furthermore, the development of heat generation systems, thermal insulation composite systems, and household appliances were taken into account, all of which showed increasing energy efficiency.

In 1996 the temperature corrected final energy consumption of households amounted to 738 TWh. Following an increase of 8.8% by 2000, a decreasing trend can be observed: In 2007 final energy consumption amounted to 721 TWh, which is 2.3% below 1996 levels. Space heating remained stable at approx. 75% of total energy consumption in the period considered, thereby constituting by far the largest share of final en-

ergy consumption in the residential sector. The factors which substantially influence the major increases in final energy consumption are the ones determining the levels of domestic space heating: the size and number of apartments as well as the energy efficiency of buildings and heating systems.

From 1991 to 2007 the total living space in residential and non-residential buildings increased by 23%, the number of residential units by 17%, while population growth was only 4%. Since 1998 a steadily decreasing temperature corrected final energy consumption per accommodation unit (AC) can be observed: from 23.0 MWh/AC in 1998 to 19.6 MWh/AC in 2007. Thanks to the improved energy efficiency of residential buildings, the temperature corrected final energy consumption attributed to space heating decreased as well: 200 kWh/m² was consumed in 1998, falling to 161 kWh/m² in 2007. Therefore, the decreasing final energy consumption can be explained by an increasingly efficient consumption of energy. In spite of the continued increasing trend in terms of living space and one-person households, the average final energy consumption of households has been falling since 1998 due to improved energy efficiency.

Although a time-series of data on the energy efficiency of buildings is not available, the savings potential in Germany can be regarded as very high: If the entire stock of residential buildings were subject to extensive rehabilitation, bringing them into line with the standard of new buildings under the current German Energy Saving Ordinance (EnEV) of 2009 (i.e. giving them an average specific final energy demand of 60 kWh/m²), the final energy consumption attributable to space heating would fall by 60 %. For new buildings the amount of energy consumed for space heating purposes could be further reduced by approximating passive-house standards by means of the EnEV.

Furthermore, boiler technology has made substantial progress in recent years with the result that the energy efficiency of new boilers has improved by up to 35 %. The rehabilitation potential is very high, as the average age of oil- and gas-fired boilers is 24 years in Germany. The share of renewable energies used overall for space heating purposes has substantially increased, amounting to 11% in 2007, which represents a decrease in CO₂ emissions of approx. 18%.

About 11% of the final energy consumption of households is attributed to hot water generation, with an almost parallel development in space heating. The final energy consumption attributable to cooking, electrical appliances and pumps has increased by approx. 27% and 24% respectively in the period considered. As an individual living in a two-person household consumes only 74% of the specific energy of a one-person household, the significant increase of one-person households can be regarded as the main reason for the increased electricity demand. A steadily increasing stock of electrical appliances can also explain this rise. On average the energy efficiency of such appliances has decreased, which is chiefly due to the introduction of efficiency categories for most white products. Only televisions show a continued increase in energy consumption since 2005. At the same time the final energy consumption attributable to

lighting has decreased despite the continuous increase of living space per residential unit.

Industry

Of all sectors in Germany, industry shows the highest annual data coverage. This holds for data provided on the energy consumption of the total industry and for single industrial sectors as well as for other relevant factors like gross value added, production index and the physical production of various energy-intensive products like paper or steel. This data is annually collected and provided by the German Federal Statistical Office within the scope of their energy consumption and production statistics. However, for the analysis of energy consumption it is proposed that the national energy balance data - which is derived from the energy consumption statistics of the Statistical Office, and differentiates between 14 industry sectors - be used first of all to enhance sector-to-sector comparability.

Based on this data, the regular calculation of the following indicators for the industry sector is proposed:

- Simple indicators of energy consumption, for which the energy consumption or the CO₂ emissions of the total sector as well as different sectors of industry and products/processes will be related to the following factors: real gross value added, production index, physical production in tonnes.
- An indicator containing the decomposition of components for energy consumption, for which the change in energy consumption can be traced back to the following factors: change in production (activity effect), change in the structural composition of the industry sector (structural effect), other changes, in particular the technical efficiency of energy use (efficiency or intensity effect).
- A re-aggregated indicator, for which determined efficiency improvements are added together on the segment level (ODEX Industry).

Between 1991 and 2007 these indicators developed as follows:

- Whilst the industrial gross value added and the production index have risen significantly, the final (specific) energy consumption shows a decreasing trend in the above-mentioned period, with final energy consumption fell from 748 to 735 TWh per year.
- The energy consumption based on the real gross value added of industry, the so-called energy intensity, correspondingly showed a decreasing trend in this time frame; i.e. growth in industrial production and growth in energy consumption were decoupled. Due to a substitution of hard and brown coal with more CO₂ efficient natural gas, the indicator based on industrial CO₂ emissions decreased even more.

As can be seen in the component decomposition of energy consumption, the observed decrease of specific energy consumption in Germany was chiefly due to improved energy efficiency in the individual industry segments. However the structural change of industry, which mostly affected the sectors that were above average in terms of energy

intensity (paper, non-metallic mineral processing, food, glass, steel), also contributed to the decrease seen in energy intensity, although to a smaller degree. Without these consumption-reducing factors, energy use would otherwise have increased by almost 220 TWh between 1991 and 2007 based on production growth alone.

The observed decrease in energy intensity can be mainly ascribed to improved energy efficiency in the different industry segments, which brought about a reduction in consumption of 136 TWh between 1991 and 2007.

Efficiency improvements in the industrial sector is also measured by an energy efficiency index (ODEX), which registers the efficiency development of 14 different segments (in terms of energy used per production index or per tonne) and aggregates this development to the whole sector. In 2007, the energy efficiency index (ODEX) shows an energy efficiency improvement of 22 % compared to the base year 1991.

In addition to the above-mentioned indicators, empirical data on the diffusion and dispersion of energy-efficient technologies represent an important basis for developing and evaluating political measures to promote energy efficiency. However, such diffusion indicators are only available for a few cross-sector technologies in industry. The annual publication of CEMEP on the market shares of electric engines can be considered one of the few examples of diffusion indicators in the industry; they are, however, only available on a European level.

Tertiary sector

The tertiary sector encompasses a highly heterogeneous spectrum of segments, which differ significantly with regard to the amount and structure of their energy consumption. Alongside the whole service sector (trade, hotel and restaurant industry, banks, insurance companies, public institutions, health care services, child-care, education, and private services), agriculture and forestry, military services and the building industry are covered by this sector in the German energy balance. Within this balance this highly heterogeneous sector is defined as a residual value; the highest data uncertainties in the national energy statistics are to be found in the tertiary sector. Data on energy consumption differentiated by segment are not published for this sector in the national energy balance. However such data has been regularly collected by the tertiary sector in recent years within the scope of its data collection (for 2001, 2004, and 2006 to date). By using statistic-based estimations for the years not covered, the segment-specific energy consumption can be determined from 2001 onwards.

Due to the heterogeneity of the tertiary sector, the determination of suitable factors which can accurately show the development of energy consumption is more difficult for this sector than for others. On an annual basis, possible factors for the tertiary sector consist of real gross value added and national employment figures included in the national account of the German Federal Statistical Office. In addition, suitable segment-specific factors (e.g. the number of pupils and students, the size of swimming baths and the number of hotel stays) were collected for the different segments, which are also published annually by the Federal Statistical Office. For the segments of the terti-

ary sectors that are intensive in terms of space heating, the (heated) space is assumed to correlate best with energy consumption, and in particular fuel consumption, thereby representing a valid technology-based indicator. However, this indicator is not available on a regular basis from official published statistics; instead it can only be determined for certain years on the basis of survey results.

Based on this statistical foundation, the regular calculation of the following indicators is recommended for the tertiary sector:

- Simple indicators of energy consumption, for which the energy consumption or the CO₂ emissions of the total sector and different segments can be related to the following factors: real gross value added, employment figures, segment-specific activities (for different segments), as well as the space in square meters for individual years.
- Corresponding temperature-corrected indicators, for which the share of space heating in the total energy consumption is adjusted using daily temperature data in the light of the impact of differences in weather.
- Indicators using a decomposition of components for energy consumption and pooled energy efficiency indicators like the ODEX have not proved very helpful for the tertiary sector as the time frame covered by segment data (2001-2006) is not comprehensive enough to calculate the indicators. Therefore it is recommended that the calculation of this indicator not be carried out for the tertiary sector for the time being.

From 1991 to 2007 the indicators developed as follows for Germany:

- While the gross value added grew by approx. 40% during this time, the increase in employment figures amounts to only 18%. Even though it is not possible – due to the heterogeneous nature of the tertiary sector – to determine a reference value for energy consumption which can be applied to all segments, the employment figures are more likely to correlate better with energy consumption than the gross value added. The final energy consumption of the tertiary sector decreased by approx. 20 % between 1991 and 2008. This trend can be traced back solely to fuels, as electricity consumption increased by 15% during the same period. The development of CO₂ emissions mostly followed the trend of final energy consumption, although the decline was slightly sharper for CO₂ emissions.
- A comparison of actual and temperature-corrected consumption shows that there is barely an impact on electricity consumption, mainly because of the small share of space heating. At the same time the temperature-corrected development of final energy consumption, fuels and CO₂ emissions is more steady.
- The energy consumption per unit of gross value added decreased by approx. 50% between 1991 and 2008, whereas electricity only shows a moderate reduction of 17%. The reason for this is to be found in the increase of power applications, in particular for Information and Communication Technologies (ICT) in offices and air-conditioning and cooling in office buildings as well as in trade

and the hotel and restaurant industry; this development compensated the simultaneous improvement in energy efficiency somewhat. Related to the employment figures, the specific reduction in fuel-based consumption of approx. 40% between 1991 and 2008 was lower than in relation to the gross value added. Electricity consumption per employee remained more or less constant in the time period.

Transport

The key factors for the transport sector in Germany are average annual kilometres travelled per vehicle, transport volume (tonnes of shipped goods and number of passengers) and kilometres travelled (in passenger-kilometres/tonne-kilometres). The main statistical sources for data in the transport sector are provided by the DIW publication "Verkehr in Zahlen" ("Transport in numbers"), data of the German Federal Statistical Office, and the publications of various companies and associations. To aid the comparability of indicators on passenger and freight transport for the different modes, it is important to take all relevant information from a single model. Based on a number of different statistical data, which are largely collected independently of each other, there are basically two models for the transport sector as a whole: TREMOD and DIW. The main advantage of using DIW data is that the calculation of kilometres travelled by vehicles is very detailed and updated annually, as well as the annual updating and publication in the above-mentioned "Transport in Numbers" being guaranteed. By contrast, the main advantage of the TREMOD model is that the information on each vehicle category from 1990 onwards is detailed and harmonised with all other vehicle categories. Additionally it is used as the official tool used in the reporting of the German Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt, UBA). For this reason the TREMOD model was used as the basis for determining energy efficiency indicators in the transport sector.

For the German transport sector the following parameters can be used as input factors for energy efficiency indicators: transport volume and kilometres travelled differentiated according to passenger and freight transport, total kilometres travelled as well as subdivided into passengers and freight transport, transport types and modes, ratio for each energy unit: i.e. km/10kWh (for a bus, tram, train, car, motorcycle, aeroplane), inventory data on different transport modes, and socio-economic trends such as population data and GDP.

The key outcome of the period between 1990 and 2008 is that the final energy consumption in the transport sector increased by approx. 8%, from 2379 PJ to 2575 PJ. Reasons for this can be found in the increasing number of total kilometres travelled in passenger and freight transport as energy efficiency significantly improved in this period. Energy consumption per passenger kilometre travelled decreased by approx. 12% between 1995 and 2008. This parameter shows the efficiency gains of different transport modes as well as a shift towards more efficient modes and an increase in utilisation of capacity. Differentiated analysis shows that there have been efficiency gains of

approx. 10% since 1995 for all transport modes. Rail transport leads the field in the German transport sector with efficiency gains of approx. 30%. The specific real consumption of the passenger car fleet in Germany decreased by approx. 18% compared to 1990; and by approx. 10% between 2000 and 2008 in the case of newly registered passenger cars.

In Germany in the last 20 years there were substantial efficiency gains (in transported tonne per kilometre) in freight transport, too. For the time frame in question road transport (lorries exceeding 3.5 tons and articulated lorries/trailer trucks) saw efficiency gains of 33%, whilst there were gains of 29% in rail transport. In this context, the relative decrease of energy consumption in Germany predominantly comes from road transport. At the same time, the energy consumption per tonne-kilometre travelled of all freight transport decreases by approx. 20% which, as a result of shifts in transport modes, is substantially less than the decreases realised by the modes of transport individually.

Macro level

In contrast to the sectoral perspective, the analysis on the macro level is dominated by the question of the drivers of national energy consumption levels as a whole and the changes in the relation between highly aggregated national energy consumption levels on the one hand and economic and demographic characteristics on the other hand. Indicators on the macro level have the disadvantage that neither different trends in the various end-use sectors nor a multitude of structural factors of influence become visible, although they may underlie the development of highly aggregated indicators of energy consumption. As a result the explanatory power of such indicators is limited and there is also the danger of misinterpretation. However, there are some advantages to using macro indicators: they provide a quick and often more up-to-date overview of highly aggregated trends in Germany that is also easy to communicate and understand. They also enable simple comparisons between countries on an international level. In terms of performance reviews, macro-level energy consumption indicators also have several advantages since they are simple to calculate. The question of whether primary or final energy consumption represents the ideal parameter for such indicators cannot be answered unambiguously; the answer also depends on what targets have been set.

The main data sources for the derivation of macro indicators are the German energy balances, the respective reporting tables of the energy balances, and the emissions inventories of the German Federal Environmental Agency. The relevant data on the demographic and macro-economic development from the German Statistical Office are also important sources.

In order to define the energy consumption indicators, it is necessary to decide which energy consumption factors should be taken as a basis of the analysis. The most commonly used parameter on the macro level is primary energy consumption, which

consists of final energy consumption, non-energy consumption, and the total energy consumption in the energy sector (consumption from energy conversion and primary energy production, energy conversion losses, other energy losses as well as statistical and assessment differences). On a macro-economic level, however, final energy consumption is sometimes also used as an indicator. Data on primary and final energy consumption can be found in national and international energy balances; these statistics are easily available. On the one hand primary energy consumption seems very far off from the real decisions made on energy consumption, particularly those taken in the final energy sector. On the other hand the total losses of the energy system are also covered, which is an important factor for forecasts, and the functioning of a performance review on the basis of energy indicators.

In the quantitative measurement of primary or final energy consumption, the various quantities of energy sources are firstly scaled on the basis of their current physical consumption units and in a second step added together to make a global unit with help of a universal conversion factor. Additionally changes in the weather should be taken into account since they can affect energy consumption, which in turn can influence the accuracy of energy consumption indicators significantly.

Several different categories of energy consumption can be used as a basis for determining energy efficiency indicators on a macro level. Not only raw values are considered, but also temperature- and inventory-corrected ones:

- Primary energy consumption (differentiated by energy source, if applicable)
- Conversion input, conversion emissions
- Total final energy consumption (differentiated by energy source, if applicable)
- Gross power consumption.

In the light of the interest in climate protection, emission-based indicators can also be determined on a macro level:

- Total CO₂ emissions
- Total greenhouse gas emissions.

Generally the following demographic and economic reference values can be used:

- Demographic changes (population)
- Macro-economic development (price-corrected GNP).

From the different reference parameters, the quotients can then be used as efficiency indicators of differing significance. Alongside the commonly used productivity and efficiency indicators, on the basis of which a statement can be made on the price-corrected GDP (adjusted for price) per unit of primary energy consumption or per unit of final energy consumption or per unit of gross electricity consumption that is “generated”, the per capita ratios as well as primary energy ratios can also be used. Possible examples include the ratio of final energy consumption to primary energy consumption, which gives an impression of the total national conversion losses. Similarly interesting

insights could be gained by analysing the level and development of implicit efficiency, which can be derived for every conversion segment (or for the conversion sector overall) from the relation of conversion emissions to conversion input. This category includes the determination of efficiency for electricity production, which can be derived from the relation of gross electricity production to fuel used for electricity production. From a climate protection perspective efficiency indicators which reflect the relation of GDP to greenhouse gas emissions/CO₂ emissions as well as the actual per capita emissions have to be considered as well.

The productivity indicator “GDP per unit of primary energy consumption” is particularly relevant since the German federal government has set the target of doubling energy productivity between 1990 and 2020. Within the scope of monitoring, this indicator can be determined regularly so as to confirm progress made along the desired productivity path or to identify whether further political measures are necessary.

Alongside further determination and development of efficiency indicators on the macro level, the efficiency effects, which derive from the changes in the composition of energy sources, should also be noted. These are of particular interest for the electricity sector because conventional determinations made for renewable energies (wind, hydro, solar power, with an implicit efficiency of 100%) and nuclear energy (with an implicit efficiency of 33%) directly influence the level of primary energy consumption in every change of the two energy sources (or source groups): increasing shares of wind, hydro and solar power combined with decreasing shares of nuclear energy automatically lead to increased efficiency on the macro level. Finally, by applying the methodology of decomposition of components, conclusions can be drawn on the impact of the most important drivers of energy consumption such as CO₂ emissions.

The many illustrative tables and figures provided in the final report demonstrate clearly the development of each of the energy efficiency indicators in Germany in the period from 1990 to 2008 on the macro national level.

Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	4
EXECUTIVE SUMMARY	14
INHALT	24
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	27
TABELLENVERZEICHNIS	30
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	32
1 EINLEITUNG	38
2 METHODISCHE ASPEKTE UND VORGEHENSWEISE	40
2.1 DIE ENERGIEBILANZ ALS ZENTRALE DATENQUELLE	40
2.2 TEMPERATURBEREINIGUNG	51
2.3 BERÜCKSICHTIGUNG DER LAGERBESTANDSVERÄNDERUNGEN	54
2.4 CO ₂ -EMISSIONSFAKTOREN	55
2.5 INDIKATORENBILDUNG	56
3 HAUSHALTE	59
3.1 SEKTORSPEZIFISCHE MERKMALE.....	59
3.2 DATENQUELLEN.....	59
3.2.1 <i>Energieverbrauch</i>	60
3.2.2 <i>Bevölkerungs- und gebäudebezogene Größen</i>	66
3.2.2.1 Wohnbevölkerung	66
3.2.2.2 Wohnflächen, Wohngebäude und Anzahl an Wohnungen	66
3.2.2.3 Haushalte	68
3.2.3 <i>Investitionsbezogene Einflussgrößen auf den Energieverbrauch</i>	71
3.2.3.1 Bestandszahlen großer Haushaltsgeräte	71
3.2.3.2 Durchschnittlicher Stromverbrauch von großen Haushaltsgeräten	74
3.2.3.3 Wärmeerzeugungssysteme	76
3.2.3.4 Verbaute Wärmedämmungssysteme	77
3.2.3.5 Solarthermie	78
3.2.4 <i>Nicht oder nur käuflich verfügbare Zahlen</i>	78
3.2.4.1 Energetischer Zustand der Gebäudehülle der Bestandsgebäude	78
3.2.4.2 Verkaufszahlen von Haushaltsgroßgeräten	79
3.3 INDIKATOREN.....	80
3.3.1 <i>Bevölkerungs- und gebäudebezogene Größen</i>	80
3.3.2 <i>Spezifischer Endenergieverbrauch der Haushalte nach Anwendungsbereichen</i> ...	81
3.3.3 <i>Energieträger für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser</i>	90
3.3.4 <i>Investitionsbezogene Einflussgrößen auf den Energieverbrauch</i>	94
3.3.4.1 Heizungssysteme	94
3.3.4.2 Wärmedämmverbundsysteme und Solarthermieanlagen	98
3.3.5 <i>CO₂-Emissionen der Energieverbräuche nach Anwendungsbereichen</i>	99

3.3.6	Odex	102
3.3.7	Indikatoren im Haushaltssektor	103
4	INDUSTRIE	104
4.1	SEKTORSPEZIFISCHE MERKMALE	104
4.2	DATENQUELLEN	106
4.2.1	Daten zum Energieverbrauch im Industriesektor	106
4.2.2	Daten zu CO ₂ -Emissionen im Industriesektor	107
4.2.3	Daten zu Aktivitäten im Industriesektor	108
4.3	INDIKATOREN	115
4.3.1	Überblick	115
4.3.2	Berechnung von aus der Statistik abgeleiteten Indikatoren	119
4.3.2.1	Indikatoren auf Ebene 1: Industrie gesamt	119
4.3.2.2	Indikatoren auf Ebene 2: Industriebranchen in Abgrenzung der Energiebilanz	128
4.3.2.3	Indikatoren auf der Ebene 3: Energieintensive Branchen	133
4.3.3	Diffusionsindikatoren	135
4.3.3.1	Elektromotoren	135
4.3.3.2	Frequenzumrichter	138
4.3.3.3	Recycling	141
4.3.3.4	Industrielle Kraft-Wärme Kopplung	142
4.3.3.5	Ansätze für Indikatoren weiterer Techniken	147
5	GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNGEN (GHD)	149
5.1	SEKTORSPEZIFISCHE MERKMALE	149
5.2	DATENQUELLEN	150
5.2.1	Daten zum Energieverbrauch im Sektor GHD	150
5.2.2	Aktivitätsdaten im Sektor GHD	153
5.3	INDIKATOREN	158
5.3.1	Überblick	158
5.3.2	Berechnung von Indikatoren für den GHD-Sektor	161
5.3.2.1	Indikatoren auf Ebene 1: Sektor GHD insgesamt	161
5.3.2.2	Indikatoren auf Ebene 2: Sektor GHD unterteilt in ausgewählte Branchen	167
6	VERKEHR	176
6.1	SEKTORSPEZIFISCHE MERKMALE	176
6.2	DATENQUELLEN	180
6.2.1	Auswahl der Datenbasis	180
6.2.1.1	Bestands- und Neuzulassungszahlen Kraftfahrzeuge	180
6.2.1.2	Bestands- und Neuzulassungszahlen übrige Verkehrsträger	182
6.2.1.3	Fahr- und Verkehrsleistung	183
6.3	INDIKATOREN	184
6.3.1	Pkw	194
6.3.2	Straßengüterverkehr	200
6.3.3	Übrige Verkehrsträger	201
6.3.4	Energieeffizienzindikatoren	202

7	MAKROEBENE	203
7.1	SPEZIFISCHE MERKMALE DER ANALYSE	203
7.2	DATENQUELLEN FÜR INDIKATOREN AUF MAKROEBENE	204
7.3	INDIKATOREN AUF MAKROEBENE	205
7.3.1	<i>Aggregation der Daten, Komponentenerlegung</i>	208
7.3.2	<i>Vergleich Bottom-up und Top-down Ansätze</i>	208
7.3.3	<i>Darstellung von ausgewählten Effizienzindikatoren auf der Makroebene</i>	209
7.4	VORSCHLAG FÜR INDIKATOREN AUF MAKROEBENE	221
8	LITERATUR	224
9	GLOSSAR	233
10	ANHANG	234

Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.
AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
AGFW	Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BDH	Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.
BDZ	Bundesverband der Zementindustrie
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BSE	Bruttostromerzeugung
BSH	Bosch Siemens Hausgeräte
BSV	Bruttostromverbrauch
CEMEP	European sector committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics
DEBRIV	Deutsche Braunkohlen-Industrie-Verein
DIW	Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung
DWD	Deutscher Wetterdienst
EEV	Endenergieverbrauch
EnStatG	Energiestatistikgesetz
EU	Europäische Union
EV	Energieverbrauch
EWI	Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln
GfK	Gesellschaft für Konsumforschung
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GVSt	Gesamtverband des deutschen Steinkohlebergbaus
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
HEL	leichtes Heizöl

IEA	International Energy Agency
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
KBA	Kraftfahrtsbundesamt
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MWV	Mineralölwirtschaftsverband
MZ	motorisierte Zweiräder
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NEV	nichtenergetischer Verbrauch
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PE	Primärenergie
PEV	Primärenergieverbrauch
Pkw	Personen- und Kombinationskraftwagen
RWI	Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung
SKE	Steinkohle-Einheiten
SSU	Stadtschnellbahn-, Straßenbahn-, Obusverkehr
StBA	Statistisches Bundesamt Deutschland
SZ	Sattelzüge
TREMOD	Transport Emission Model
UAUS	Umwandlungsausstoßes
UBA	Umweltbundesamt
UEIN	Umwandlungseinsatz
VCI	Verband der chemischen Industrie
VDEW	Vereinigung deutscher Elektrizitätswerke e. V.
VDP	Verband Deutscher Papierfabriken
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VIK	Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.

VSD	Variable Speed Drive
WDVS	Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme
WE	Wohneinheit
WZ	Klassifikation der Wirtschaftszweige
ZIV	Zweirad-Industrie-Verband e.V.
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1	Gliederung der Primärenergiebilanz	44
Tabelle 2-2	Gliederung der Umwandlungsbilanz	45
Tabelle 2-3	Gliederung des Endenergieverbrauchs.....	46
Tabelle 2-4	Zuordnung der Wirtschaftszweige im Sektor "Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe" nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993 (WZ 93), WZ 2003 und WZ 2008 zur Gliederung der Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland	47
Tabelle 2-5	CO ₂ -Emissionsfaktoren der einzelnen Brennstoffe	55
Tabelle 2-6	CO ₂ -Emissionsfaktoren von Strom und Fernwärme.....	56
Tabelle 4-1	Datenlage zum Energieverbrauch im Sektor Industrie in Deutschland – Industrie gesamt und Branchen	111
Tabelle 4-2	Datenlage zum Energieverbrauch energieintensiver Produkte in der Industrie.....	112
Tabelle 4-3	Datenlage zum Energieverbrauch wichtiger industrieller Querschnittstechniken	113
Tabelle 4-4	Datenlage zu Aktivitätsgrößen in der Industrie.....	114
Tabelle 4-5	Indikatoren und Aggregationsebenen im Industriesektor	117
Tabelle 4-6	Stromerzeugung in industriellen KWK Anlagen	143
Tabelle 5-1	Zuordnung der in der Erhebung zum Energieverbrauchs des GHD-Sektors unterschiedenen WZ 2003-Klassifikation der Wirtschaftszweige.....	151
Tabelle 5-2	Strom- und Brennstoffverbrauch im GHD-Sektor nach Subsektoren für die Jahre 2001-2006.....	152
Tabelle 5-3	Datenlage zum Energieverbrauch im Sektor GHD.....	155
Tabelle 5-4	Datenlage zum Energieverbrauch wichtiger Querschnittstechniken im GHD-Sektor	156
Tabelle 5-5	Datenlage zu Aktivitätsgrößen im Sektor GHD	157
Tabelle 5-6	Indikatoren und Aggregationsebenen im GHD-Sektor	160
Tabelle 7-1	Datenquellen für die Indikatoren auf der Makroebene	204
Tabelle 7-2	Effizienzindikatoren auf Makroebene	207
Tabelle 7-3	Basisdaten für die Ermittlung von Energieeffizienzindikatoren für Deutschland auf der Makroebene von 1990 bis 2008	210

Tabelle 7-4	Überblick über die wichtigsten Energieeffizienzindikatoren auf der Makroebene in Deutschland von 1990 bis 2008	223
-------------	---	-----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1	Schema der Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland	40
Abbildung 2-2	Langfristige Entwicklung der Gradtagzahlen in Deutschland von 1951 bis 2008	52
Abbildung 2-3	Änderungen der Lagerbestände an leichtem Heizöl in Deutschland von 1990 bis 2008.....	54
Abbildung 3-1	Verlauf der Endenergieverbräuche nach den Anwendungsbilanzen	63
Abbildung 3-2	Verlauf der Energieträgeranteile beim Endenergieverbrauch für Raumwärme	65
Abbildung 3-3	Entwicklung der Anzahl der Haushalte	69
Abbildung 3-4	Entwicklung der grundlegenden Einflussgrößen im Haushaltssektor	70
Abbildung 3-5	Vergleich von Daten zum Bestand von Kühl- und Gefriergeräten	72
Abbildung 3-6	Vergleich von Daten zum Bestand von Waschmaschinen, Geschirrspülern und Fernsehern	73
Abbildung 3-7	Entwicklung des jährlichen Stromverbrauchs pro Elektro-Großgerät	75
Abbildung 3-8	Entwicklung des jährlichen Stromverbrauchs von neuen Kühlschränken und Kühl-Gefrierkombinationen	76
Abbildung 3-9	Anteile der Energieeffizienz-Kategorien verkaufter Kühl- / Gefrierkombinationen im Jahr 2008	80
Abbildung 3-10	Entwicklung der grundlegenden Einflussgrößen im Haushaltssektor	81
Abbildung 3-11	Jahresbezogener Endenergieverbrauch und -bedarf für Raumwärme	82
Abbildung 3-12	Vergleich der Indikatoren bezogen auf Gesamt-Endenergiebedarf und Endenergieverbrauch für Raumwärme (jeweils temperaturbereinigt).....	84
Abbildung 3-13	Endenergieverbrauch für Raumwärme pro Person nach Haushaltsgröße (temperaturbereinigt)	85
Abbildung 3-14	Endenergieverbrauch für Warmwasser, Kochen, elektrische Geräte und Beleuchtung pro Person nach Haushaltsgröße	86
Abbildung 3-15	Entwicklung der spezifischen Energieverbräuche für Warmwasserbereitung und Kochen.....	87

Abbildung 3-16	Entwicklung der spezifischen Endenergieverbräuche für Elektrogeräte und Pumpen sowie Beleuchtung	89
Abbildung 3-17	Verlauf der Energieträgeranteile beim Endenergieverbrauch für Warmwasser	91
Abbildung 3-18	Anteil Erneuerbarer Energien an der Raumwärme- und Warmwassererzeugung.....	92
Abbildung 3-19	Anteil der elektrischen Energie an der Raumwärme- und Warmwassererzeugung.....	93
Abbildung 3-20	Anteil der Heizungssysteme am gesamten Absatz	95
Abbildung 3-21	Absatz an Heizsystemen	96
Abbildung 3-22	Altersstruktur und Kessel-Wirkungsgrad der nach 1.BImSchV überprüften Öl- und Gasfeuerungsstätten	97
Abbildung 3-23	Zubau von Wärmedämmverbundsystemen und Solarthermie	98
Abbildung 3-24	CO ₂ -Emissionen nach Anwendungsbereichen im Zeitverlauf	100
Abbildung 3-25	Spezifische CO ₂ -Emissionen der Energieverbräuche nach Anwendungsbereichen	101
Abbildung 3-26	ODEX im Haushaltssektor	102
Abbildung 4-1	Entwicklung von Energieverbrauch und Wirtschaftsleistung im Sektor Industrie zwischen 1990/1991 und 2008.....	119
Abbildung 4-2	Jährliche Veränderung von Energieverbrauch und Wirtschaftsleistung im Sektor Industrie zwischen 1991 und 2008	120
Abbildung 4-3	Entwicklung von Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen im Sektor Industrie	121
Abbildung 4-4	Entwicklung des Indikators "Energieverbrauch bzw. CO ₂ je Einheit Bruttowertschöpfung" in der Industrie	122
Abbildung 4-5	Veränderung der Indikatoren "Energieverbrauch je Einheit Bruttowertschöpfung" und "Energieverbrauch je Einheit Produktion(sindex)" im Zeitraum 1991-2008.....	123
Abbildung 4-6	Veränderung der Indikatoren "CO ₂ je Einheit Bruttowertschöpfung" und "CO ₂ -Emissionen je Einheit Produktion(sindex)" im Zeitraum 1991-2008.....	124
Abbildung 4-7	Komponentenzerlegung des Endenergieverbrauchs in der Industrie	125
Abbildung 4-8	Re-aggregierter Energieeffizienz-Indikator (ODEX) in der Industrie	126

Abbildung 4-9	Anteile einzelner Industriezweige am Endenergieverbrauch der Industrie	128
Abbildung 4-10	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen einzelner Industriezweige	129
Abbildung 4-11	Entwicklung des Indikators "Energieverbrauch je Einheit Brutto-wertschöpfung" für einzelne Industriebranchen.....	130
Abbildung 4-12	Entwicklung des Indikators "CO ₂ -Emissionen je Einheit Brutto-wertschöpfung" für einzelne Industriebranchen.....	132
Abbildung 4-13	Entwicklung des Energieverbrauchs pro Tonne Stahl in der Eisen- und Stahlindustrie.....	133
Abbildung 4-14	Entwicklung des Energieverbrauchs pro Tonne einzelner energieintensiver Produkte	134
Abbildung 4-15	Marktanteile energieeffizienter Elektromotoren im Rahmen der europäischen Selbstverpflichtung des CEMEP.....	137
Abbildung 4-16	Jährlicher Absatz von Frequenzumrichtern zur Steuerung von Drehstrommotoren (in 1000 Stück)	139
Abbildung 4-17	Produktion von Wechselrichtern in Deutschland.....	140
Abbildung 4-18	Einsatzquote von Sekundärmaterial (Altpapier und Glas) und Anteil der Sekundärproduktion an der Gesamtproduktion von Aluminium und Stahl.....	142
Abbildung 4-19	Entwicklung der KWK im Verarbeitenden Gewerbe	144
Abbildung 4-20	Entwicklung der Netto-Stromerzeugung der KWK Anlagen des Verarbeitenden Gewerbes nach Technologien	145
Abbildung 4-21	Entwicklung der Netto-Stromerzeugung in KWK Anlagen des Verarbeitenden Gewerbes nach Branchen	146
Abbildung 5-1	Entwicklung von Energieverbrauch, Wirtschaftsleistung und Erwerbstätigkeit im GHD-Sektor	161
Abbildung 5-2	Entwicklung des temperaturbereinigten und temperaturunbereinigten Strom- und Brennstoffverbrauchs sowie der CO ₂ -Emissionen im GHD-Sektor	163
Abbildung 5-3	Entwicklung des Indikators "Energieverbrauch bzw. CO ₂ -Emissionen pro Einheit Bruttowertschöpfung" im GHD-Sektor.....	164
Abbildung 5-4	Entwicklung des Indikators "Energieverbrauch bzw. CO ₂ -Emissionen pro Erwerbstätigem" im GHD-Sektor	165
Abbildung 5-5	Veränderung der Indikatoren Energieverbrauch bzw. CO ₂ -Emissionen pro Einheit Bruttowertschöpfung und pro Erwerbstätigem im GHD-Sektor im Zeitraum 1991 bis 2008.....	166

Abbildung 5-6	Anteile der Branchen an den Aktivitätsgrößen Nutzfläche und Erwerbstätige im Jahr 2006	167
Abbildung 5-7	Entwicklung des Stromverbrauchs (nicht temperaturbereinigt) nach ausgewählten Branchen des GHD-Sektors 2001-2006	168
Abbildung 5-8	Entwicklung des Brennstoffverbrauchs (nicht temperaturbereinigt) nach ausgewählten Branchen des GHD-Sektors 2001-2006	169
Abbildung 5-9	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen (nicht temperaturbereinigt) nach ausgewählten Branchen des GHD-Sektors 2001-2006	170
Abbildung 5-10	Temperaturbereinigter Strom- und Brennstoffverbrauch pro Erwerbstätigem im Jahr 2006	171
Abbildung 5-11	Temperaturbereinigter Strom- und Brennstoffverbrauch pro Nutzfläche im Jahr 2006	172
Abbildung 6-1	Entwicklung Endenergieverbrauch Personenverkehr (Endenergieverbrauch bezogen auf die Verkehrsleistung).....	186
Abbildung 6-2	Entwicklung Endenergieverbrauch Güterverkehr (Endenergieverbrauch bezogen auf die Verkehrsleistung).....	187
Abbildung 6-3	Reichweite verschiedener Verkehrsträger bei einem Primärenergieverbrauch von 1 MJ im Jahr 2008.....	188
Abbildung 6-4	Spezifische CO ₂ -Emissionen im Personenverkehr.....	189
Abbildung 6-5	Spezifische CO ₂ -Emissionen im Güterverkehr.....	190
Abbildung 6-6	Entwicklung Verkehrsleistung Personenverkehr	191
Abbildung 6-7	Entwicklung Verkehrsleistung Güterverkehr	192
Abbildung 6-8	Entwicklung Verkehrsleistung Personenverkehr pro Einwohner bzw. Verkehrsleistung Güterverkehr bezogen auf das BIP.....	193
Abbildung 6-9	Entwicklung des Anteils der Biokraftstoffe	194
Abbildung 6-10	Entwicklung verschiedener Indikatoren im Pkw-Bestand	196
Abbildung 6-11	Entwicklung Kraftstoffverbrauch neu zugelassener Pkw	197
Abbildung 6-12	Entwicklung Effizienz-relevanter Faktoren neu zugelassener Pkw	198
Abbildung 6-13	Anteil neu zugelassener Pkw mit weniger als 120 g CO ₂ /km	199
Abbildung 6-14	Entwicklung verschiedener Indikatoren im Straßengüterverkehr.....	200

Abbildung 6-15	Entwicklung der Energieeffizienz im Öffentlichen Personenverkehr	201
Abbildung 7-1	Primärenergieverbrauch und gesamtwirtschaftliche Energieproduktivität in Deutschland 1990 bis 2008	211
Abbildung 7-2	Bruttoinlandsprodukt ¹⁾ , Bruttostromverbrauch und gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität ²⁾ in Deutschland 1990 bis 2008.....	212
Abbildung 7-3	CO ₂ -Emissionen und gesamtwirtschaftliche CO ₂ - Produktivität in Deutschland von 1990 bis 2008	213
Abbildung 7-4	Gesamtwirtschaftliche Energie- und CO ₂ -Produktivität in Deutschland von 1990 bis 2008.....	213
Abbildung 7-5	Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des temperatur- und lagerbestandsbereinigten Primärenergieverbrauchs in Deutschland innerhalb der Periode von 1990 bis 2008.....	214
Abbildung 7-6	Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den jährlichen Veränderungen des temperatur- und lagerbestandsbereinigten Primärenergieverbrauchs in Deutschland von 1990 bis 2008.....	215
Abbildung 7-7	Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des Bruttostromverbrauchs in Deutschland innerhalb der Periode 1990 bis 2008	216
Abbildung 7-8	Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den jährlichen Veränderungen des Bruttostromverbrauchs in Deutschland von 1990 bis 2008	216
Abbildung 7-9	Veränderungen der temperatur- und lagerbestandsbereinigten CO ₂ -Emissionen in Deutschland nach Einflussfaktoren	217
Abbildung 7-10	Jährliche Veränderungen der temperatur- und lagerbestandsbereinigten CO ₂ -Emissionen in Deutschland nach Einflussfaktoren von 1990 bis 2008	218
Abbildung 7-11	Relation der Ursprungswerte des Endenergieverbrauchs (EEV) und des nichtenergetischen Verbrauchs (NEV) zum Primärenergieverbrauch (PEV).....	219
Abbildung 7-12	Entwicklung des Brutto-Brennstoffausnutzungsgrads fossiler Kraftwerke in Deutschland von 1990 bis 2008	220
Abbildung 7-13	Entwicklung der Pro-Kopf Werte je Einheit Primärenergieverbrauch und CO ₂ - bzw.	

Treibhausgasemissionen in Deutschland von 1990 bis 2008
absolut und relativ 221

1 Einleitung

Die Europäische Union ebenso wie die Bundesrepublik Deutschland haben sich ambitionierte Klimaschutzpolitische Ziele gesetzt, die davon ausgehen, dass der globale Temperaturanstieg auf 2° C begrenzt werden muss. Das bedeutet, dass die weltweiten Treibhausgasemissionen bis 2050 gegenüber dem Niveau von 1990 um mindestens 50 % reduziert werden und die Industrieländer im Rahmen dieser Reduzierung ihre Emissionen um insgesamt mindestens 80 bis 95 % senken müssen.

Die EU hat bei der Bekämpfung des Klimawandels eine Vorreiterrolle übernommen. Bis 2020 sollen die Treibhausgasemissionen europaweit im Vergleich zu 1990 um 30 % vermindert werden, sofern sich andere Industrieländer zu vergleichbaren Emissionsreduzierungen verpflichten. In jedem Fall hat sich die EU zu einer Reduktion um 20 % verpflichtet.

Zur Erreichung der Klimaschutzpolitischen Ziele und zur Gewährleistung eines zukunftsfähigen Energiesystems setzen die deutsche Bundesregierung und die Europäische Union neben einer deutlichen Ausweitung der Nutzung erneuerbarer Energien vor allem auf eine Steigerung der Energieeffizienz. Es ist klar, dass ein zukunftsfähiges Energiesystem eine hocheffiziente Nutzung von Energie auf allen Stufen: von der Erzeugung der Energie bis zu ihrem Verbrauch braucht. Kern der Klimaschutzanstrengungen muss die Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz sein. Eingesparte Energie schont die Umwelt sowohl bei der Gewinnung als auch bei der Verbrennung von Energieträgern - eine geringere Energienachfrage unterstützt das Erreichen der Ausbauziele für erneuerbare Energien.

Mit der EU-Richtlinie über „Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen“ (2006/32/EG) sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, einen „Energieeinsparrichtwert“ von 9 % einzuführen. Dafür müssen die Mitgliedstaaten nationale Energieeffizienzaktionspläne vorlegen, die beinhalten, auf welchen Wegen und mit welchen Maßnahmen das Ziel erreicht wird, den Endenergieverbrauch von 2008 bis zum Jahr 2016 um 9 % gegenüber dem Durchschnittsverbrauch von fünf Jahren (2003 bis 2007) zu reduzieren. Weiterhin hat der Europäische Rat auf seiner Sitzung vom 8./9.März 2007 beschlossen, dass EU-weit der Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 mit Hilfe einer Steigerung der Energieeffizienz um 20 % im Vergleich zur Referenzentwicklung gesenkt werden solle.

Schließlich strebt die Bundesregierung mit ihrem Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramm an, die Energieproduktivität in Deutschland bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 zu verdoppeln. Aus heutiger Sicht bedeutet dies, dass die gesamtwirtschaftliche Energieproduktivität bis 2020 jahresdurchschnittlich um rund 3 %, und damit erheblich stärker als in der Vergangenheit, gesteigert werden muss. Um zu überprüfen, ob sich die Entwicklung auf einem solchen Pfad befindet, ist es erforderlich, die Entwicklung der Energieproduktivität bzw. der Energieeffizienz kontinuierlich zu verfolgen. Dabei reichen Analysen allein auf der Makroebene nicht aus, vielmehr ist es notwendig, einen möglichst sektoral differenzierten Ansatz zu verfolgen. Nur so kann klar

aufgezeigt werden, welches die Gründe der Effizienzveränderungen sind bzw. welche Faktoren die Wirkungen von Maßnahmen kompensiert haben können.

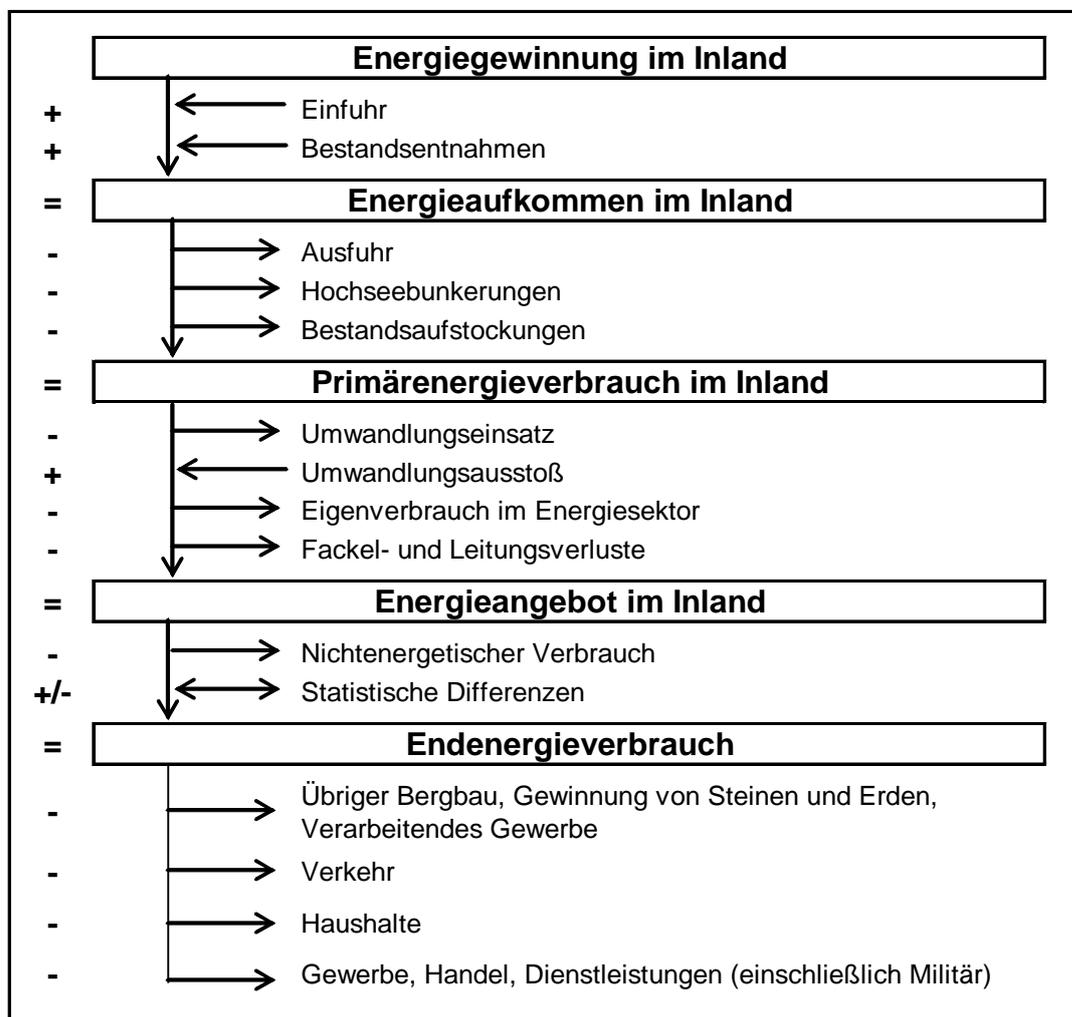
Dafür ist es notwendig, ein System von aussagefähigen Indikatoren und Kennziffern zur Energieeffizienz auf gesamtwirtschaftlicher und sektoraler Ebene zu entwickeln, dessen Daten regelmäßig aktualisiert und dokumentiert werden können. In diesem Bericht werden für die verschiedenen Sektoren die vorhandenen Datenquellen beschrieben und bewertet sowie darauf aufbauend Indikatoren vorgeschlagen. Kapitel 2 beschreibt die methodischen Grundlagen. In den Kapiteln 3 bis 6 werden die Sektoren Haushalte, Industrie, GHD und Verkehr beschrieben. In Kapitel 7 werden Indikatoren auf Makroebene dargestellt.

2 Methodische Aspekte und Vorgehensweise

2.1 Die Energiebilanz als zentrale Datenquelle

In der Bundesrepublik Deutschland werden von zahlreichen Stellen energiestatistische Daten veröffentlicht, die zum Teil eine unterschiedliche Darstellung, Abgrenzung und Aggregation aufweisen. Die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB) hat es sich zur Aufgabe gemacht, Statistiken aus allen Gebieten der Energiewirtschaft nach einheitlichen Kriterien auszuwerten, die Daten zu einem geschlossenen Bild zusammenzufassen und dieses Zahlenwerk als Energiebilanzen der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Das Grundschemata der Energiebilanzen ist in Abbildung 2-1 dargestellt:

Abbildung 2-1 Schema der Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland



Mitglieder der AGEB sind (Stand: April 2010) vier Energiewirtschaftsverbände (BDEW; DEBRIV; GVSt; MWV) sowie drei wirtschaftswissenschaftliche Forschungsinstitute (DIW Berlin; EWI; RWI). Außerdem wird die Arbeit der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen unterstützt vom VIK sowie vom Verein der Kohlenimporteure e.V. Mit der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) beim BMU besteht eine enge

Zusammenarbeit. Einen wesentlichen Beitrag zur Finanzierung der Energiebilanzarbeiten leistet das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

Die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen hat die Erstellung von Energiebilanzen für Deutschland dem DIW Berlin sowie der EEFA GmbH übertragen.

Im Bestreben um stets aussagefähige Energiebilanzen ist es erforderlich, Umstellungen bei den zugrunde liegenden Statistiken, dem energiewirtschaftlichen Wandel und den veränderten Anforderungen der Datennutzer Rechnung zu tragen.

Vom Berichtsjahr 2003 an wurde die amtliche Energiestatistik neu geregelt, denn am 1. Januar 2003 trat das Energiestatistikgesetz (EnStatG) in Kraft (Bundesgesetzblatt, 2002). Mit diesem neuen Gesetz wurden die amtlichen Energiestatistiken aus verschiedenen Rechtsgrundlagen zusammengeführt und an die gewandelten Informationsbedürfnisse der Nutzer angepasst, wobei von da an auch für die Bereiche Wärmemarkt, Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und erneuerbare Energieträger detailliertere Statistikdaten bereitgestellt werden (Bayer, 2003).

In diesen Statistiken werden die Strom- und Wärmeerzeugung in gekoppelter (KWK) als auch in ungekoppelter Weise gesondert dargestellt. Allerdings wird der Brennstoffeinsatz in KWK-Anlagen nur noch für die Strom- und Wärmeerzeugung gemeinsam ausgewiesen. Aus Energiebilanzsicht wurde es deshalb erforderlich, eine Aufteilung des Brennstoffeinsatzes auf die Stromerzeugung einerseits und die Wärmeerzeugung andererseits vorzunehmen. Hierzu werden üblicherweise von der Stromwirtschaft der allgemeinen Versorgung auf der einen und der industriellen Kraftwirtschaft auf der anderen Seite unterschiedliche Verfahren angewendet, die sich kurz als Wärmerestwertmethode bzw. als Stromrestwertmethode skizzieren lassen. Vor diesem Hintergrund galt es, sich auf eine gemeinsame Konvention zu verständigen. Die schließlich vereinbarte Methode beruht im Grundsatz auf der Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004. Dabei wird zunächst die Primärenergieeinsparung aus KWK-Prozessen unter Berücksichtigung von definierten Referenzwirkungsgraden der getrennten Erzeugung von Strom (40 %) und Wärme (90 %) ermittelt. Der Brennstoffanteil wird sodann gesondert für Strom und Wärme mit den folgenden Formeln ermittelt:

$$W_{BR,th} = W_{Br} (1 - PEE) \frac{\eta_{th,KWK}}{\eta_{th,REF}} \quad W_{BR,el} = W_{Br} (1 - PEE) \frac{\eta_{el,KWK}}{\eta_{el,REF}}$$

wobei sich PEE wie folgt errechnen lässt:

$$PEE = 1 - 1 / (KWK \eta_{th} / Ref \eta_{th} + KWK \eta_{el} / Ref \eta_{el})$$

dabei gilt

$$KWK \eta_{th} = \text{Jahresarbeit}_{\text{thermisch}} * 100 / W_{Br}$$

$$Ref \eta_{th} = 80 \text{ bzw. } 90 \% \text{ (Vorgabe)}$$

$$KWK \eta_{el} = \text{Jahresarbeit}_{\text{elektrisch}} * 100 / W_{Br}$$

$$Ref \eta_{el} = 40 \% \text{ (Vorgabe)}$$

$$PEE = \text{Anteil der Primärenergieeinsparung}$$

W_{Br} = Brennstoffeinsatz insgesamt

$W_{Br, th}$ = Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung

$W_{Br, el}$ = Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung

Nach dieser Methode wird der Effizienzvorteil der Kraft-Wärme-Kopplung auf beide Produkte verteilt; das heißt, die spezifischen Emissionsfaktoren für Strom werden günstiger, die für Fernwärme dagegen ungünstiger als nach der bis dahin verfolgten Wärmerestwertmethode. Hervorzuheben ist, dass davon weder der gesamte Brennstoffeinsatz in KWK-Anlagen, noch der Gesamtwirkungsgrad des KWK-Prozesses tangiert werden. Es handelt sich lediglich um eine geänderte Art der Brennstoffaufteilung.

Durch diese neue Berechnungsmethode ergibt sich für den Umwandlungsbereich innerhalb der Energiebilanzen ein gewisser Bruch seit 2003 gegenüber den Vorjahren. Ebenso ist der industrielle Endenergieverbrauch davon berührt, da darin zwar wie bisher der Brennstoffeinsatz in KWK-Anlagen zur Wärmeerzeugung enthalten ist, aber nun auf neuer Berechnungsgrundlage. Durch diese Vorgehensweise reduziert sich allerdings der Anteil des Brennstoffeinsatzes des KWK-Prozesses im Umwandlungsbereich, der nach der zuvor beschriebenen Methode auf die Produkte Strom und Wärme aufzuteilen ist, und der Endenergieverbrauch der Industrie erhöht sich.

Diese Änderungen der energiestatistischen Datenbasis wurden gleichzeitig genutzt, um auch solche Datenaktualisierungen des Statistischen Bundesamtes und des BAFA zu berücksichtigen, die erst nach der früheren Veröffentlichung der Energiebilanzen eingetreten sind.

So wurden Veränderungen durchgeführt beim Umwandlungseinsatz für die Energieträger Erdgas, Erdöl und erneuerbare Energieträger, und zwar für die Energiebilanzzeilen 11 (Wärmeleistungwerke der allgemeinen Versorgung), 12 (Industriewärmeleistungwerke), 14 (Wasser-, Windkraft-, Fotovoltaik- und andere Anlagen), 15 (Heizleistungwerke der allgemeinen Versorgung), 16 (Fernleistungwerke), 19 (Sonstige Energieerzeuger), 66 (Haushalte) und 67 (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher). Diese Veränderungen haben auch Auswirkungen auf die Summe des Umwandlungseinsatzes und des Primärenergieverbrauchs.

Die Veränderungen beziehen sich zum einen auf die genutzten Datenquellen, zum anderen auf die zuvor schon erwähnte Zuordnung der Brennstoffeinsätze auf die Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen. Außerdem wurden die Stromerzeugungswirkungsgrade bei Einsatz von biogenen Brennstoffen für das Jahr 2003 an die seit 2004 angewandten Wirkungsgrade angepasst.

Mit Blick auf die Veränderung der Datenbasis sind folgende Änderungen hervorzuheben:

Fernwärme:

Bislang wurden für den Brennstoffeinsatz zur Fernwärmeerzeugung die Daten der AGFW (Hauptbericht zur Fernwärmeversorgung) genutzt. Seit dem Jahre 2003 erhebt das Statistische Bundesamt Daten zur Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme (Statistik-Nr. 064). Diese Daten weisen einen umfassenderen Berichtskreis

auf und bilden insofern die Realität besser ab. Deshalb wurde jetzt entschieden, rückwirkend vom Jahr 2003 an für den Brennstoffeinsatz zur Fernwärmeerzeugung die Daten des Statistischen Bundesamtes zu verwenden. Dies verursacht allerdings im Jahr 2003 einen erheblichen Bruch bei einigen Datenreihen.

Bisher wurde ausgehend von den Daten der AGFW die sektorale Struktur des Fernwärmeverbrauchs vom DIW Berlin geschätzt. Vom Statistischen Bundesamt liegen seit 2003 Daten für den Fernwärmeverbrauch der Industriesektoren und der Haushalte vor (Statistik-Nr. 060: „Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden“ und Statistik-Nr. 064 „Erhebung über Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme“). Diese Daten werden rückwirkend von 2003 an genutzt.

Grubengas:

Die Umwandlungsbilanz beim Grubengas wurde von 2003 an von der Verbandsstatistik auf die amtliche Statistik umgestellt. Das hat vor allem den Vorteil, dass die Brennstoffeinsatzmengen im Umwandlungseinsatz, die bis dahin auf Basis der Gasstatistik pauschal als Restrechnung bei Industriekraftwerken bilanziert wurden, nun methodenkonform ("finnisch") exakt den einzelnen Positionen (Wärmeleistungwerke der allgemeinen Versorgung, Industriewärmeleistungwerke, Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung und Fernheizwerke) zugeordnet werden können.

Erdgas, Erdölgas:

Rückwirkend vom Jahr 2003 an werden anstelle der bislang verwendeten Daten des BAFA zum Außenhandel mit Erdgas die entsprechenden Daten des Statistischen Bundesamtes für Erdgas (Statistik-Nr. 082 „Einfuhr, kumulierte Monate“) verwendet. Das hat den Vorteil eines einheitlichen Berichtskreises für Erdgas, Erdölgas.

Für die Jahre 2004 bis 2006 bestehen erhebliche Abweichungen zwischen dem Erdgasverbrauch der Industrie nach den Statistiken Nr. 060 (Energieverwendung) bzw. 067 (Industrie) und den amtlichen langen Reihen des Statistischen Bundesamtes, die in enger Abstimmung mit dem BDEW erstellt werden. Bislang wurden in der Energiebilanz die Statistiken Nr. 060 und 067 verwendet. Inzwischen hat sich herausgestellt, dass diese den tatsächlichen Erdgasverbrauch der Industrie nur unvollständig erfassen. Aus diesem Grunde werden jetzt für die Jahre 2004 bis 2006 die Daten aus den langen Reihen genutzt. Für das Jahr 2004 wurden der Erdgasverbrauch der Grundstoffchemie und für die Jahre 2005 und 2006 der Verbrauch der sonstigen Wirtschaftszweige revidiert.

Erneuerbare Energieträger:

Bislang wurden die Daten für die erneuerbaren Energieträger vom DIW Berlin geschätzt. Rückwirkend ab dem Jahr 2003 werden jetzt die Daten folgender Institutionen verwendet:

- Wasser, Wind und Photovoltaik: BDEW,
- Biomasse: Statistisches Bundesamt,

- Biotreibstoffe: BAFA,
- Geothermie, Solarthermie und Wärmepumpen: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat).

Stromerzeugungswirkungsgrade bei Einsatz von biogenen Brennstoffen:

Die Nutzungsgrade für die Erzeugung von eingespeistem Strom aus biogenen Brennstoffen für das Jahr 2003 wurden an die seit 2004 verwendeten Werte angepasst. Mit folgenden Nutzungsgraden wird gerechnet:

- Deponie- und Biogas 23 %,
- Feste und flüssige Biomasse 20 %,
- Biogene Abfälle (Ansatz 50 % des Gesamtabfalls) 40 %.

Die vorstehend skizzierten Veränderungen in methodischer, energieträgerbezogener und sektoraler und regionaler Hinsicht gilt es insbesondere bei einem intertemporalen Vergleich von Energiebilanzdaten zu beachten.

Die Energiebilanzen bieten in Form einer Matrix eine Übersicht der energiewirtschaftlichen Verflechtungen. Sie erlauben damit nicht nur Aussagen über den Verbrauch von Energieträgern in den einzelnen Sektoren, sondern geben ebenso Auskunft über ihren Fluss von der Erzeugung bis zur Verwendung in den unterschiedlichen Erzeugungs-, Umwandlungs- und Verbrauchsbereichen. Die Bilanzmatrizen in der heutigen Form umfassen 30 Energieträger sowie 57 Zeilenelemente (ohne Summenzeilen) für alle Bereiche von der Erzeugung über die Umwandlung bis hin zu den Endenergiesektoren. Insgesamt enthält die Matrix rund 500 originäre empirische Daten. Einen Überblick über die Veränderungen in den einzelnen Energiebilanzteilen von 1995 an geben die Tabelle 2-1, Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3. Daraus wird ersichtlich, dass sich insbesondere die sektorale Gliederung in der Endenergiebilanz geändert hat.

Tabelle 2-1 Gliederung der Primärenergiebilanz

	bis 1994	von 1995 an
Primärenergiebilanz	Gewinnung im Inland	Gewinnung im Inland
	Einfuhr	Einfuhr
	Bestandsentnahmen	Bestandsentnahmen
	Energieaufkommen im Inland	Energieaufkommen im Inland
	Ausfuhr	Ausfuhr
	Hochseebunkerungen	Hochseebunkerungen
	Bestandsaufstockungen	Bestandsaufstockungen
	Primärenergieverbrauch im Inland	Primärenergieverbrauch im Inland

Tabelle 2-2 Gliederung der Umwandlungsbilanz

		bis 1994	von 1995 an	
Umwandlungsbilanz	Umwandlungseinsatz	Kokereien Ortsgaswerke	Kokereien	
		Steinkohlenbrikettfabriken Braunkohlenbrikettfabriken	Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	
		öffentliche Wärmekraftwerke	Wärmekraftwerke der allg. Versorgung (nur Strom)	
		Zechen- und Grubenkraftwerke Sonstige Industrierärmekraftwerke	Industrierärmekraftwerke (nur Strom)	
		Kernkraftwerke Wasserkraftwerke	Kernkraftwerke Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	
		Heizkraftwerke, Fernheizwerke	Heizkraftwerke der allg. Versorgung (nur Wärme) Fernheizwerke	
		Hochöfen Raffinerien Sonstige Energieerzeuger	Hochöfen Raffinerien Sonstige Energieerzeuger	
		Umwandlungseinsatz insgesamt	Umwandlungseinsatz insgesamt	
		Umwandlungsausstoß	Kokereien Ortsgaswerke	Kokereien
			Steinkohlenbrikettfabriken Braunkohlenbrikettfabriken	Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken
	öffentliche Wärmekraftwerke		Wärmekraftwerke der allg. Versorgung (nur Strom)	
	Zechen- und Grubenkraftwerke Sonstige Industrierärmekraftwerke		Industrierärmekraftwerke (nur Strom)	
	Kernkraftwerke Wasserkraftwerke		Kernkraftwerke Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	
	Heizkraftwerke, Fernheizwerke		Heizkraftwerke der allg. Versorgung (nur Wärme) Fernheizwerke	
	Hochöfen Raffinerien Sonstige Energieerzeuger		Hochöfen Raffinerien Sonstige Energieerzeuger	
	Umwandlungsausstoß insgesamt		Umwandlungsausstoß insgesamt	
	Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungsbereichen		Steinkohlenzechen-, brikettfabriken	Steinkohlenzechen-, -brikettfabriken
			Kokereien Ortsgaswerke	Kokereien
		Braunkohlengruben-, -brikettfabriken Kraftwerke	Braunkohlengruben-, -brikettfabriken Kraftwerke	
		Erdöl- und Erdgasgewinnung Raffinerien Sonstige Energieerzeuger	Erdöl- und Erdgasgewinnung Raffinerien Sonstige Energieerzeuger	
		E.-Verbrauch im Umwandl.-Bereich insgesamt	E.-Verbrauch im Umwandl.-Bereich insgesamt	
		Fackel- u. Leitungsverluste, Bewertungsdiff.	Fackel- u. Leitungsverluste	
			Energieangebot im Inland n.Umwandlungsbilanz Nichtenergetischer Verbrauch Statistische Differenzen	Energieangebot im Inland n.Umwandlungsbilanz Nichtenergetischer Verbrauch Statistische Differenzen

Tabelle 2-3 Gliederung des Endenergieverbrauchs

		bis 1994	von 1995 an
Endenergieverbrauch	nach Sektoren	Endenergieverbrauch	Endenergieverbrauch
		Übriger Bergbau	
		Steine und Erden Eisenschaffende Industrie Eisen-, Stahl- und Tempergießereien Ziehereien und Kaltwalzwerke NE-Metallerzeug., -halbzeugwerke, -gießereien Chemische Industrie Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung Gummiverarbeitung Übriges Grundstoff- u. Produktionsgütergew.	Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau Ernährung und Tabak Papiergewerbe Grundstoffchemie Sonstige chemische Industrie Gummi- u. Kunststoffwaren Glas u. Keramik Verarbeitung v. Steine u. Erden Metallerzeugung NE-Metalle, -gießereien
		Summe Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe	Metallbearbeitung
		Maschinenbau Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik Eisen-, Blech- und Metallwaren Übriges Investitionsgüter produz. Gewerbe	Maschinenbau Fahrzeugbau Sonstige Wirtschaftszweige
		Summe Investitionsgüter produzierendes Gewerbe	
		Glas und Feinkeramik Herstellung von Kunststoffwaren Textilgewerbe Übriges Verbrauchsgüter produz. Gewerbe	
		Summe Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe	
		Zuckerindustrie Übriges Nahrungsmittelgewerbe Genußmittelgewerbe	
		Summe Nahrungs- und Genußmittelgewerbe	
		Übriger Bergbau u. Verarbeitendes Gewerbe insgesamt	Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeitendes Gewerbe insgesamt
		Schienenverkehr Straßenverkehr Luftverkehr Küsten- und Binnenschifffahrt	Schienenverkehr Straßenverkehr Luftverkehr Küsten- und Binnenschifffahrt
		Verkehr insgesamt	Verkehr insgesamt
		Haushalte und Kleinverbraucher insgesamt	Haushalte Gewerbe, Handel, Dienstleistungen u. übrige Verbraucher (einschl. militärische Dienststellen)
		Militärische Dienststellen	Summe Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Eine Zuordnung der einzelnen Wirtschaftszweige nach der WZ 93 bzw. WZ 2003 (für die Energiebilanzen ab 1995) sowie der WZ 2008 (die für die Energiebilanzen ab 2008 maßgebend ist) im Bereich des verarbeitenden Gewerbes auf die elf in der Energiebilanz ausgewiesenen Industriesektoren ist in Tabelle 2-4 dargestellt.

Tabelle 2-4 Zuordnung der Wirtschaftszweige im Sektor "Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe" nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993 (WZ 93), WZ 2003 und WZ 2008 zur Gliederung der Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland

Wirtschaftszweig (Bezeichnung in den Energiebilanzen)	Nr. der Klassifikation nach WZ 2003 (Energiebilanzen 1995 bis 2007)	Nr. der WZ 2008 (EB ab 2008)
Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	10.30, 12, 13, 14	08
Ernährung und Tabak	15, 16	10, 11, 12
Papiergewerbe	21	17
Grundstoffchemie	24.1	20.1
Sonstige chemische Industrie	24 ohne 24.1	20, 21 ohne 20.1
Gummi- u. Kunststoffwaren	25	22
Glas u. Keramik	26.1, 26.2, 26.3	23.1 bis 23.3
Verarbeitung v. Steinen und Erden	26 ohne 26.1, 26.2, 26.3	23 ohne 23.1 bis 23.3
Metallerzeugung	27.1	24.1
NE-Metalle, -Gießereien	27.4, 27.5	24.4, 24.5
Metallbearbeitung	27 ohne 27.1, 27.4 und 27.5; einschl. 28	24.2, 24.3, 25
Maschinenbau	29	28
Fahrzeugbau	34, 35	29, 30
Sonstige Wirtschaftszweige	alle übrigen Nummern außer 10.10, 10.20, 11.10, 11.20, 23.1, 23.2, 23.3	13, 14, 15, 16, 18, 26, 27, 31, 32, 33

Bei der Erstellung der Energiebilanzen wird auf eine Vielzahl von Datenquellen zurückgegriffen, um die einzelnen Elemente der Bilanzen füllen zu können. Dabei kommt der amtlichen (z.B. Statistisches Bundesamt, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) und halbamtlichen, d.h. der offiziell akzeptierten bzw. von Amts wegen auf andere Einrichtungen übertragenen (z.B. Statistik der Kohlenwirtschaft) Berichterstattung eine wesentliche Bedeutung zu. Dazu einige Hinweise:

- Die Statistiken des Statistischen Bundesamtes sind die zentrale Quelle für die Energieverbrauchsdaten im Sektor "Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe" (Industrie) entsprechend der Erhebung über Energieverwendung (Erhebungsbogen 060), in der öffentlichen (Monatsberichte über die Elektrizitätsversorgung; Erhebungsbogen 066) und industriellen Kraftwirtschaft (Jahreserhebung über die Stromerzeugungsanlagen im Bergbau und verarbeitenden Gewerbe; Erhebungsbogen 067) sowie für den Außenhandel mit Energieträgern.
- Angaben zum Mineralölbereich liefert in erster Linie das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Das BAFA erhebt auf Basis des Mineralölstatistikgesetzes monatlich bei den in der Bundesrepublik auf dem Mineralölmarkt tätigen Unternehmen Daten zu ihrer Geschäftstätigkeit. 'Große' Unternehmen melden mit dem so genannten 'Integrierten Mineralölbericht' Daten wie Rohöleinkauf, Produktion von Mineralölprodukten in den Raffinerien, Bestände, Außenhandel und Verkäufe von Mineralölerzeugnissen nach ausgewählten Kundengruppen. Kleinere Unternehmen melden nur ihren Außenhandel bei Mineralölerzeugnissen und werden auf dieser Basis in die Statistik einbezogen, so dass eine nahezu vollständige Marktabdeckung erreicht wird. Monatlich werden als umfassender Bericht über aktuelle

Entwicklungen der Mineralölbranche in der Bundesrepublik die Amtlichen Mineralöl-daten veröffentlicht. Jährlich wird aus diesen Daten zusammen mit Daten anderer statistischer Stellen (u.a. Statistisches Bundesamt) eine Aufkommens- und Verbrauchsbilanz erstellt. Der Mineralölwirtschaftsverband veröffentlicht seinerseits umfangreiche Statistiken zum Mineralölmarkt. Erwähnt sei, dass die Daten für den Mineralölteil der Energiebilanzen seit 1996 in Abstimmung mit der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen und im Auftrag des DIW Berlin vom Mineralölwirtschaftsverband bereitgestellt werden.

- Soweit amtliche Statistiken hierzu keine Angaben liefern, stellt die Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. die wesentlichen Daten für den Kohlenbereich zu Verfügung.
- Die Daten zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen sind im Vergleich etwa zu den fossilen Energieträgern (noch) mit einigen Unsicherheiten behaftet. Dies trifft weniger auf die Strom erzeugenden Systeme zu, wohl aber auch die thermischen Systeme und die große Vielfalt der biogenen Stoffe. Hier musste früher auf Sondererhebungen des Statistischen Bundesamtes im Auftrage von EUROSTAT, auf Erhebungen der VDEW zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur Stromerzeugung, auf Erhebungen des Braunkohlenverbandes zum Brennholzeinsatz bei den privaten Haushalten, auf Angaben des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft sowie auf diverse Angaben der Verbände der erneuerbaren Energiequellen zurückgegriffen werden. Mit der Gründung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat) beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), in der auch die AGEB vertreten ist, konnten die Daten der erneuerbaren Energien auf eine umfassende, aktuelle und abgestimmte Basis gestellt und für die Energiebilanzen nutzbar gemacht werden.

Neben den auf gesetzlicher Grundlage erhobenen Daten stellen Verbandsangaben eine wichtige Quelle dar. In einigen Fällen ist man aber auch auf persönliche Expertenmitteilungen angewiesen. So werden beispielsweise für der Darstellung des nicht-energetischen Einsatzes von Energieträgern im Bereich der chemischen Industrie entsprechende Mitteilungen seitens des Verbands der chemischen Industrie (VCI) wie des Mineralölwirtschaftsverbandes (MWV) zugrunde gelegt.

Es sollte nicht unerwähnt bleiben, dass die Erarbeitung der Energiebilanzen, die früher ausschließlich aus Mitteln der Mitglieder der AGEB finanziert worden war, seit Mitte der neunziger Jahre in erheblichem Umfang vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie finanziell unterstützt wird.

Festzustellen ist, dass die Energiebilanzen nach ihrer Struktur und Aussagekraft eine zentrale Stellung im Energiedatensystem einnehmen, die einen quasi-amtlichen Charakter tragen. Sie werden von der Energiepolitik, von Unternehmen und Verbänden der Energiewirtschaft sowie von den mit der Energieforschung befassten wissenschaftlichen Instituten als wesentliche statistische Datenbasis für Analysen, Prognosen und wirtschaftspolitische Entscheidungen im Bereich der Energiewirtschaft verwendet. Energiebilanzen sind auch die zentrale, energie-bezogene Datengrundlage für die vom Umweltbundesamt regelmäßig erarbeiteten Nationalen Emissionsinventare.

Ungeachtet dieser großen Bedeutung sollte nicht unerwähnt bleiben, dass die Energiebilanzen auch einige Schwachstellen aufweisen (Messer et al, 1992). Dies betrifft weniger die Primärenergiebilanzteile und die Umwandlungsbilanz, die schon von der Datenlage her ein - statistisch gesehen - vergleichsweise hohes Qualitätsniveau aufweisen. Auch sind die Daten zum industriellen Endenergieverbrauch angesichts der zugrunde liegenden energiestatistischen Erhebungen als recht belastbar zu werten (allerdings sei an die Problematik im Zusammenhang mit der Ermittlung des Brennstoffeinsatzes zur Strom- und Wärmeerzeugung in industriellen KWK-Anlagen erinnert; siehe weiter oben).

Etwas schwieriger ist die Situation bei den Daten zum Energieverbrauch im Verkehr zu werten, bei denen teilweise auch stationäre Verbrauchsmengen enthalten sind und teilweise Schätzungen zur Aufteilung von Treibstoffen auf die einzelnen Verkehrsträger vorgenommen werden müssen. Als Problem bei der Bildung von Effizienzindikatoren im Verkehrsbereich ist die Tatsache hervorzuheben, dass die verkehrsbezogenen Energiedaten grundsätzlich dem Territorialprinzip folgen („in Deutschland vertankte Treibstoffmengen“), während die verkehrlichen Bezugsgrößen (Verkehrsleistungen) dem Inländerprinzip folgen (vgl. Kap.6).

Gemessen an den Erfassungsproblemen in den vorgenannten Sektoren fallen diejenigen in den Bereichen „private Haushalte“ und „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ schon eher ins Gewicht. So gibt es für diese Bereiche kaum eine durch originäre statistische Erhebungen gesicherte Datenbasis; vielmehr schlagen sich hier vielfach auch Restgrößen nieder. Dies ist bei der Bewertung der jeweiligen sektorbezogenen Effizienzindikatoren zu beachten.

Es liegen für Gesamtdeutschland vollständige Energiebilanzen für die Jahre von 1990 bis 2007 vor; sie sind auch von der Homepage der AGEB herunter zu laden (vgl. www.ag-energiebilanzen.de). Für die Energiebilanz 2008 existiert bereits ein vollständiger Entwurf, nach weiterer Prüfung wird die Bilanz unverzüglich ins Netz gestellt. Ziel ist es, dass die Energiebilanzen spätestens 18 Monate nach dem Berichtsjahr vorliegen. Nach derzeitigem Stand wird künftig vermutlich eine kürzere Zeitspanne erreicht werden können.

Zur Gewährleistung von möglichst aktuellen Energiebilanzdaten veröffentlicht die AGEB regelmäßig im Spätsommer sog. Auswertungstabellen zu den Energiebilanzen, die einen vergleichsweise detaillierten Einblick in die Entwicklung des sektoralen und nach Energieträgern gegliederten Endenergieverbrauchs sowie den Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung bieten. Insgesamt umfassen die Auswertungstabellen die folgenden Blätter:

- Primärenergieverbrauch nach Energieträgern
- Primärenergiegewinnung nach Energieträgern
- Struktur des Energieverbrauchs nach Sektoren

- Endenergieverbrauch nach Energieträgern
 - Insgesamt
 - übriger Bergbau und verarbeitendes Gewerbe
 - Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
 - Haushalte
 - des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
 - Verkehr
- Einsatz von Energieträgern zur Stromerzeugung
- Erneuerbare Energieträger in der Energiebilanz

Die ebenfalls auf der Homepage der AGEB verfügbaren Auswertungstabellen reichen von 1990 bis zum jeweiligen Vorjahr, haben also einen Zeitverzug von lediglich etwa 9 Monaten und damit einen vergleichsweise hohen Aktualisierungsgrad. Entsprechend der zuvor erwähnten Änderungen bei den Energiebilanzen berücksichtigen die inzwischen vorliegenden und bis 2008 reichenden Auswertungstabellen die in den Energiebilanzen von 2003 bis 2007 revidierten Angaben. Insoweit treten Abweichungen von den Vorgängerversionen auf. Es sei auch darauf hingewiesen, dass die Auswertungstabellen grundsätzlich mit den jeweils endgültigen Energiebilanzen verknüpft sind, so dass sie insoweit denselben Qualitäts- und Unsicherheitsbereichen unterliegen wie die Energiebilanzen selbst. Vorläufige Werte betreffen meist nur das Vorjahr, wobei beim jetzigen Stand (Ende November 2009) für 2008 zumindest der Energiebilanzentwurf für 2008 herangezogen worden ist.

Ergänzend werden auf der Homepage der AGEB nachrichtlich noch die von der BDEW-Projektgruppe „Nutzenergiebilanzen“ (unter Mitwirkung der TU München und der AGEB) veröffentlicht. Dabei handelt es sich um Daten zur Aufschlüsselung des Endenergieverbrauchs in den Endenergiesektoren Industrie, Verkehr, Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) nach Energieträgern auf die verschiedenen Anwendungsbereiche (Raumwärme, Warmwasser, sonstige Prozesswärme sowie mechanische Energie und Beleuchtung). Basis dieser Anwendungsbilanzen sind wegen der angestrebten Aktualität die jeweils vorliegenden Auswertungstabellen zu den Energiebilanzen. Die aktuellste Veröffentlichung bezieht sich auf das Jahr 2007 (BWK, 2009, Nr. 6).

Bei der Disaggregation der Auswertungstabellen nach Anwendungszwecken wird auf umfangreiches Datenmaterial sowie auf verschiedene Analysen und Messungen zurückgegriffen, u.a. auch auf die im Auftrage des Bundeswirtschaftsministeriums vorgelegten Detaillierungsstudien zum Energieverbrauch der privaten Haushalte und im GHD-Sektor sowie auf Forschungsarbeiten des Lehrstuhls Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der Technischen Universität München, die an den Arbeiten der Projektgruppe mitwirkt. Gleichwohl sei hier - schon wegen des Mangels an entsprechen-

den Primärdaten - auf den hohen Schätzcharakter und auf den damit verbundenen erheblichen Unsicherheitsgrad der Angaben in den Anwendungsbilanzen ausdrücklich hingewiesen. Dies betrifft auch den intertemporalen Vergleich mit den Daten der vorangegangenen Publikationen. Insoweit sollten diese, letztlich auf Expertenschätzungen beruhenden Anwendungsbilanzen eher als Indikator einer wahrscheinlichen, aber keinesfalls gesicherten Struktur der Anwendungen in den einzelnen Endenergiebereichen angesehen werden (vgl. auch weitere Anmerkungen zu den Anwendungsbilanzen in den einzelnen Sektorkapiteln).

Die vollständigen Energiebilanzen für die Jahre von 1990 bis 2007/2008 sowie die Auswertungstabellen (1990 bis 2008) und – trotz aller Unsicherheiten - die Anwendungsbilanzen (von 1993 bis 2007) bilden zusammen genommen das zentrale Basisdatengerüst für den hier vorgelegten Bericht zur Untersuchung der Energieeffizienzindikatoren in Bezug auf die Energieverbrauchsgrößen nach Sektoren, Energieträgern und Anwendungszwecken.

2.2 Temperaturbereinigung

Die längerfristige Entwicklung von Niveau und Struktur des Energieverbrauchs wird von einer Vielzahl von insbesondere ökonomischen, demographischen, verhaltensbedingten und technischen Einflussfaktoren bestimmt. Vor allem bei einer kurzfristigen - wie über längere Zeit retrospektiven - Analyse müssen aber auch Temperatureinflüsse beachtet werden, deren Vernachlässigung zu einer verzerrten Interpretation der Energiebilanzdaten führen kann. Die Temperatureinflüsse werden auf der Basis von Gradtagzahlen ermittelt, die ein Maß für die temperaturbedingten Witterungseinflüsse darstellen. Sie sind definiert als Summe über die Differenzen zwischen einer festgelegten Raumtemperatur (hier Innentemperatur: 20 °C) und dem Tagesmittel der (Außen-) Lufttemperatur (Heizgrenztemperatur: 15 °C). Die für diese Untersuchung zugrunde gelegten Gradtagzahlen sind das (ungewichtete) Mittel der Gradtagzahlen an 16 auf die Bundesländer verteilten Messpunkten in Deutschland. Ausgewählt wurden die folgenden Messstationen:

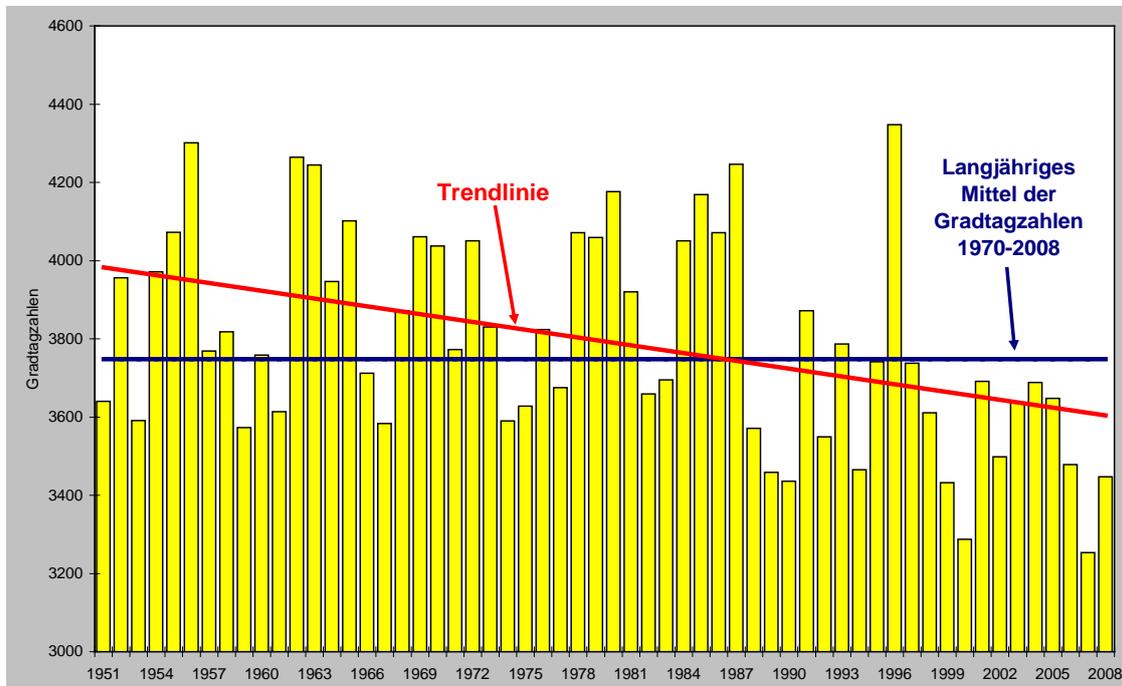
Berlin-Flughafen Tempelhof; Bremen Flughafen; Dresden-Klotzsche; Düsseldorf (Südfriedhof); Erfurt-Bindersleben; Frankfurt/M. Flughafen; Hamburg-Fuhlsbüttel; Hannover-Langenhagen; Kassel; Leipzig (WST); Magdeburg; München-Flughafen; Nürnberg-Flughafen; Saarbrücken Flughafen; Schwerin; Stuttgart Flughafen.

Es sei hervorgehoben, dass erst eine entsprechende Temperaturbereinigung eine sachgerechte Beurteilung der Veränderungen von Niveau und Struktur des Energieverbrauchs ermöglicht. Dabei sind zwei „Phänomene“ zu beachten (Abbildung 2-2):

- Erstens zeigt sich im längerfristigen Trend eine deutliche Reduktion der Gradtagzahlen, worin zugleich eine Tendenz zu steigenden Temperaturen zum Ausdruck kommt.
- Zweitens ergeben sich teilweise beträchtliche Unterschiede der Gradtagzahlen bei einem jeweiligen Vorjahresvergleich sowie im Verhältnis der jeweiligen Gradtagzah-

len zu den Gradtagzahlen im langjährigen Mittel, das hier als die Periode von 1970 bis 2008 unterstellt worden ist.

Abbildung 2-2 Langfristige Entwicklung der Gradtagzahlen in Deutschland von 1951 bis 2008



Quellen: Deutscher Wetterdienst; Institut Wohnen und Umwelt.

Da aber in einzelnen Verbrauchssektoren ein großer Teil des Energieeinsatzes in erheblichem Maße von der Differenz zwischen Außentemperaturen (Heizgrenztemperaturen) und (gewünschten) Innentemperaturen der Gebäude abhängig ist, wie es in erster Linie für den Anteil des auf die Raumheizung entfallenden Energieverbrauchs zutrifft (bei den Haushalten etwa entfallen reichlich 70 % des sektoralen Endenergieverbrauchs auf die Raumheizung; beim Endenergieverbrauch insgesamt sind es immerhin noch fast 30 %), kann der Temperatureinfluss als Erklärungsfaktor für die Veränderungen des Energieverbrauchs nicht außer acht gelassen werden. Bei starken Temperatureinsparungen kann dies dazu führen, dass die Ursprungswerte und die temperaturbereinigten Werte sogar unterschiedliche Vorzeichen tragen.

Vor diesem Hintergrund ist eine Temperaturbereinigung geboten. Dazu gibt es unterschiedliche Verfahren (vgl. dazu Ziesing et al, 1995, sowie Diekmann et al, 1997). Als ein vereinfachender Ansatz wird folgende Bereinigungsmethode vorgeschlagen, dessen Ausgangspunkt die Hypothese eines linearen Zusammenhangs zwischen den Veränderungen des Endenergieverbrauchs zur Raumheizung und denjenigen der Gradtagzahlen (als Indikator für den Temperatureinfluss) bildet.

Die Temperaturbereinigung nach diesem Verfahren hängt im Grunde "nur" von zwei Voraussetzungen ab:

1. von Angaben zum Temperaturfaktor,
2. von Informationen über den Anteil des raumheizungsabhängigen (bzw. temperaturabhängigen) Energieverbrauchs.

Beide Voraussetzungen sind in unterschiedlichem Umfang erfüllt:

Der Temperaturfaktor lässt sich leicht als das Verhältnis der Gradtagzahlen im langjährigen Mittel zu den jeweiligen Gradtagzahlen ermitteln.

Die Angaben zum temperaturabhängigen Energieverbrauch können in Anlehnung an die früher vom VDEW, nun vom BDEW bereitgestellten Informationen zu den Anwendungszwecken des Energieverbrauchs in den einzelnen Endenergieverbrauchssektoren ermittelt werden.

Die prinzipielle Gleichung für diesen Ansatz lautet:

$$EV_{\text{tempb};t} = EV_{\text{eff};t} * (RHF_t * TF_t + 1 - RHF_t)$$

oder

$$EV_{\text{tempb};t} = EV_{\text{eff};t} * [(RHF_t * (TF_t - 1) + 1]$$

wobei gilt

$EV_{\text{tempb};t}$ = temperaturbereinigter Energieverbrauch

$EV_{\text{eff};t}$ = effektiver Energieverbrauch

RHF_t = Anteilsfaktor Raumheizung (Anteil des raumheizungsinduzierten Verbrauchs am jeweiligen Gesamtverbrauch)

TF_t = Verhältnis der Gradtagzahlen im langjährigen Durchschnitt zu den effektiven Gradtagzahlen, also $GTZ_{NJ}/GTZ_{\text{eff},t}$

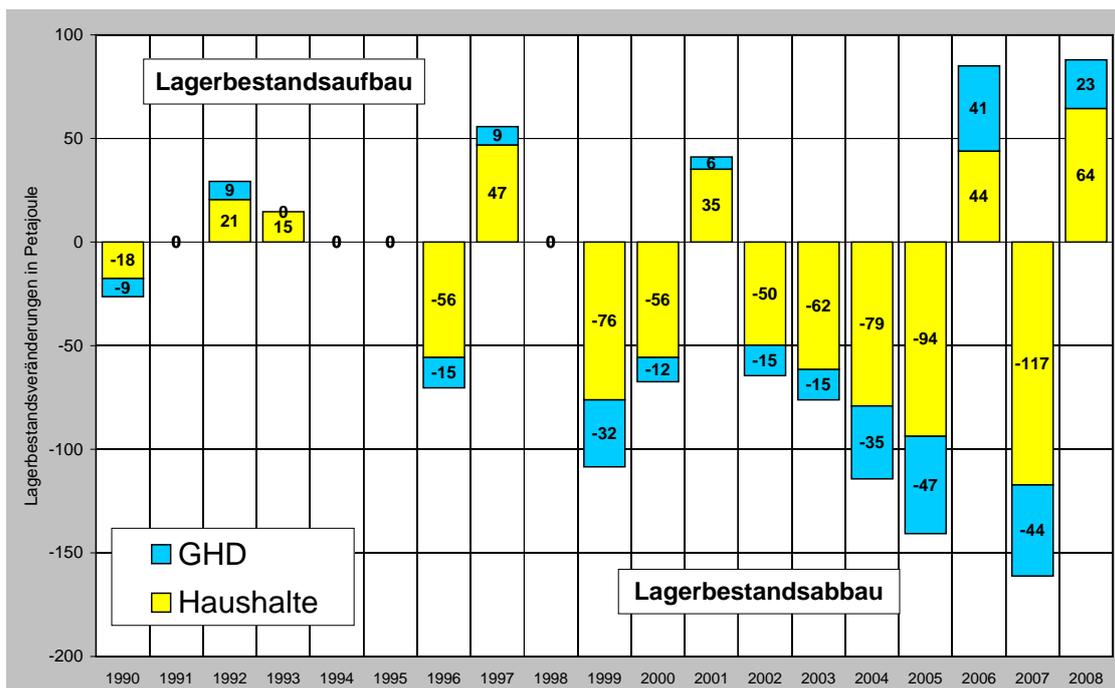
Entsprechen die Gradtagzahlen in einem Jahr dem langjährigen Durchschnittswert (ist also $TF_t = 1$), so ist der temperaturbereinigte gerade gleich dem effektiven Energieverbrauch. Bei gegebenem Temperaturfaktor > 1 wird die Abweichung des temperaturbereinigten vom effektiven Energieverbrauch demnach entscheidend vom raumheizungsinduzierten Verbrauchsanteil bestimmt.

Dabei mag man den Anteil des temperaturabhängigen Energieverbrauchs in den einzelnen Endenergiesektoren vereinfachend gleichsetzen mit dem Anteil des auf die Raumheizung entfallenden Verbrauchs. Allerdings ist anzunehmen, dass nicht der gesamte Raumheizungsanteil unmittelbar von den Temperaturveränderungen beeinflusst wird. Daher wird für die weiteren Rechnungen angenommen, dass rund ein Zehntel des Raumheizungsanteils fix, also unabhängig von den Temperaturschwankungen ist. Grundsätzlich stellt aber der Raumheizungsanteil den Bezug zur Ermittlung des temperaturabhängigen Energieverbrauchs in den jeweiligen Sektoren dar.

2.3 Berücksichtigung der Lagerbestandsveränderungen

Zu beachten ist weiterhin, dass die Angaben zum Energieverbrauch bei den lagerfähigen Brennstoffen (den Kohlen und den Mineralölprodukten) zunächst nur die Absatzzahlen enthalten. Der tatsächliche Verbrauch kann deshalb um die jeweiligen Veränderungen der Lagerbestandshaltung variieren. Diese Lagerbestandsveränderungen werden statistisch lediglich für den Energiesektor selbst und für das produzierende Gewerbe erfasst und können dort für die Verbrauchsberechnung berücksichtigt werden. Bei den privaten Haushalten und im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ist dies jedoch nicht der Fall. Der tatsächliche Energieverbrauch in diesen beiden Bereichen lässt sich allerdings nur grob auf der Basis von Befragungsergebnissen zum jeweiligen Tankverhalten und den daraus resultierenden Veränderungen des Betankungsgrades schätzen. Vor allem betrifft dies das leichte Heizöl. Auch durch die Nichtbeachtung der Lagerbestandsveränderungen kann es zu Fehlinterpretationen der tatsächlichen Verbrauchsentwicklung kommen. Nach vorliegenden Schätzungen haben sich die Lagerbestände in den Sektoren Haushalte sowie GHD von 1990 bis 2008 wie folgt entwickelt (Abbildung 2-3):

Abbildung 2-3 Änderungen der Lagerbestände an leichtem Heizöl in Deutschland von 1990 bis 2008



Quelle: VDEW/BDEW, Projektgruppe "Nutzenergiebilanzen", div. Jg.

Soweit sinnvoll, sollen die entsprechenden Bestandsveränderungseffekte bei der Indikatorbildung für die beiden betroffenen Bereiche berücksichtigt werden.

Es sei auch hier auf die hohen Unsicherheiten bei den Angaben zu den Lagerbestandsveränderungen hingewiesen, zumal es schon nicht eindeutig ist, wie hoch die

Lagervolumina bei den hier betroffenen Verbrauchergruppen überhaupt sind. Je nach Annahmen darüber und über die gewählten Schätzansätze dürften die tatsächlichen Lagerbestandsveränderungen durchaus um den Faktor 2 höher oder niedriger liegen. Die Schätzungen beruhen im Wesentlichen auf den Ergebnissen von Panelbefragungen von Unternehmen der Mineralölindustrie bei den privaten Haushalten über den Befüllungsgrad der Heizöltanks. Zusammen mit Annahmen über das gesamte Tankvolumen lassen sich daraus die Bestandsänderungen schätzen und partiell auf das Tankverhalten im GHD-Sektor übertragen.

2.4 CO₂-Emissionsfaktoren

Die Berechnung der CO₂-Emissionen erfordert die Festlegung von Emissionsfaktoren, die für alle betrachteten Bereiche verwendet werden. Als CO₂- Emissionsfaktoren der einzelnen Energieträger wurden die Werte aus dem deutschen Inventarbericht verwendet (UBA 2009a), wie in der folgenden Abbildung dargestellt:

Tabelle 2-5 CO₂-Emissionsfaktoren der einzelnen Brennstoffe

Brennstoffe	Emissionsfaktoren	
	t CO ₂ /TJ	g CO ₂ /kWh
SK-Kohle	94,0	338,4
SK-Briketts	93,0	334,8
SK-Koks	105,0	378,0
BK-Kohle	112,3	404,3
BK-Briketts	99,7	358,9
BK-Koks	108,0	388,8
BK-Staubk.	97,9	352,4
BK-andere	98,0	352,8
Hart-BK	97,0	349,2
Dieselmotorkraftstoff	74,0	266,4
Heizöl, leicht	74,0	266,4
Heizöl, schwer	78,0	280,8
Petrolkoks	101,0	363,6
Flüssiggas	65,0	234,0
Raffineriegas	60,0	216,0
Andere Mineralölprodukte	80,0	288,0
Kokerei/Stadtgas	40,0	144,0
Gichtgas/Konvertergas	139,0	500,4
Erdgas	56,0	201,6
Grubengas	55,0	198,0
Müll	45,8	164,7

Quelle: UBA 2009a.

Da im vorliegenden Bericht der Schwerpunkt auf den Sektoren Haushalte, GHD, Industrie und Verkehr liegt, wird eine Aufteilung des Energieverbrauchs im Kraftwerks- und Umwandlungsbereich und Umlegung auf die Sektoren vorgenommen, um diesen Verbrauch im Sinne einer „Verursacher“bilanz nicht unberücksichtigt zu lassen. Das erlaubt es beispielsweise, dass den Endenergiesektoren auch der Verbrauch und der CO₂-Ausstoß zugerechnet werden können, die bei der Erzeugung von Strom und Fernwärme zur Deckung der entsprechenden Nachfrage bei den Endenergieverbrauchern entstehen.

Datenbasis für diese Umlage sind die für die Jahre 1990 bis 2008 vorliegenden Energiebilanzen (AGEB 2008) und die darin enthaltenen Energieträgerstrukturen für die der Stromerzeugung und der Fernwärmeerzeugung dienenden Umwandlungsbereiche. Aus der Multiplikation der Energieträgermengen mit den jeweiligen spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren ergeben sich unmittelbar die absoluten CO₂-Emissionen. Um die gesamten CO₂-Emissionen auf die Endenergiesektoren aufzuteilen sind diese Emissionen auf die Summe des Endenergieverbrauchs von Strom bzw. Fernwärme zu beziehen. Dies sichert die vollständige Zurechnung der im Inland entstandenen Emissionen.

Bei dieser Übertragung der durchschnittlichen spezifischen Emissionen von Strom und Fernwärme auf die einzelnen Endenergiesektoren handelt es sich um pragmatische Vereinfachungen, da je nach Lastcharakteristik und Bezugsstruktur die tatsächlichen Emissionswerte von den Durchschnittswerten abweichen können.

Tabelle 2-6 CO₂-Emissionsfaktoren von Strom und Fernwärme

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008*
	Spezifische CO ₂ -Emissionen in g CO ₂ /kWh																		
Strom	792	792	760	748	738	713	706	674	675	651	638	655	651	653	628	627	631	646	601
Fernwärme	410	385	374	344	331	293	323	307	304	306	320	347	350	309	311	286	272	294	316

*) Vorläufige Angaben.

Quellen: UBA 2009a; AGEB 2009, Berechnung von Dr. Ziesing

2.5 Indikatorenbildung

Mit Hilfe von Indikatoren sollen die Höhe und die Struktur des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen einer Volkswirtschaft unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Einflussfaktoren wie Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum, wirtschaftlicher Strukturwandel, energietechnischer Fortschritt oder Verhaltenseinflüsse aussagekräftig beschrieben werden. Dahinter steht zum einen der Gedanke, dass eine alleinige Betrachtung von Energie- und CO₂-Statistiken nur begrenzte Rückschlüsse ermöglicht, und zum anderen die Einsicht in die Notwendigkeit, die Informationsgrundlagen überschaubar und ohne zu hohen Aufwand zeitlich und räumlich vergleichbar zu gestalten (Diekmann et al. 1999). Der erforderliche Kompromiss zwischen zu starker Vereinfachung der Analyse und zu hoher Komplexität der Information wird in einer Zusammenstellung einer Reihe von Kennziffern gesehen, die als Schlüsselgrößen für das Verständnis der energiewirtschaftlichen Entwicklung dienen sollen. Wesentlich ist in die-

sem Zusammenhang die Verbindung von Energieverbrauch bzw. CO₂-Emissionen und Aktivitätsgrößen wie Zahl der Haushalte oder Wohnungen, Transportleistungen, physische Produktion oder Wertschöpfung. Auf internationaler Ebene dienen derartige Energieverbrauchs- oder –effizienzindikatoren schon seit langem der präziseren Beschreibung und Messung der Energieverbrauchsentwicklung. Neben entsprechenden Indikator-Ansätzen in einzelnen Ländern wie den Niederlanden, den USA oder Kanada sind hier insbesondere die Indikator-Aktivitäten der IEA (IEA 2004, 2008) und der EU im Rahmen des 1992 gestarteten ODYSSEE-MURE-Projekts (www.odyssee-indicators.org) zu nennen.

Die Grundlage für die Berechnung von derartigen Indikatoren bilden statistische Daten zum Energieverbrauch und CO₂-Emissionen sowie deren Entwicklung beeinflussende Aktivitätsgrößen. An die der Indikatorberechnung zu Grunde liegenden Daten sind insbesondere folgende Anforderungen zu stellen:

- *Relevanz und Repräsentativität*
- *Datenverfügbarkeit:* Die erforderlichen Daten sollen nach Möglichkeit kostenfrei und leicht verfügbar sein oder mit möglichst geringem Aufwand gesammelt oder erhoben werden können.
- *Datenqualität:* Es sollen möglichst solche Daten verwendet werden, die eine hohe Datengüte bzw. möglichst geringe stochastische Streuungen oder systematische Verzerrungen aufweisen. Bevorzugte Verwendung von amtlichen oder quasi-amtliche Daten.
- *Aktualisierbarkeit:* Die den Indikatoren zugrundeliegenden Daten sollen ohne großen Aufwand regelmäßig fortgeschrieben werden können. Hierbei werden in der Regel vollständige Zeitreihen mit Jahresdaten angestrebt.
- *Vergleichbarkeit:* Bei Indikatoren auf internationaler Ebene ist außerdem auf die Vergleichbarkeit der für die Indikatorberechnung verwendeten Daten (gleiche Datenquellen, Datenstände, Abgrenzungen, Definitionen etc.) zu achten.
- *Zeitreihen:* Daten sollen in möglichst langer Zeitreihe verfügbar sein

Die auf dieser Grundlage berechneten Indikatoren unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Komplexität und der damit verbundenen Anforderungen an die Datenverfügbarkeit und Berechnungsmethoden:

- Indikatoren in Form einfacher Kennzahlen mit Relationen zwischen dem Energieverbrauch und einer geeigneten Aktivitätsgröße (ökonomische oder physische Aktivität) stellen in dieser Hinsicht die geringsten Anforderungen.
- Um bestimmte Einflüsse (z.B. Witterungsunterschiede) bereinigte Indikatoren erfordern die Verwendung eines entsprechenden Bereinigungsverfahrens (z.B. zur Temperaturbereinigung des Energieverbrauchs).
- Indikatoren mit Komponentenzersetzung des Energieverbrauchs, bei denen die Entwicklung des Energieverbrauchs in verschiedene Komponenten zerlegt wird, die Einflussfaktoren wachstumsbedingter, struktureller, verhaltensbedingter, or-

ganisatorischer oder technischer Art widerspiegeln sollen, basieren auf statistischen Verfahren der Faktorenerlegung wie des Laspeyres- oder Divisia-Index.

- Zusätzlich werden in den genannten Indikator-Aktivitäten der IEA und des ODYSSEE-Projekts auch so genannte re-aggregierte Indikatoren (ODEX) berechnet, bei denen vorab bereinigte Einzelindikatoren wieder auf der Ebene eines Endverbrauchssektors oder der gesamten Volkswirtschaft zu einem Indikator aggregiert werden, der die Entwicklung der "Energieeffizienz" einer Volkswirtschaft oder eines Sektors zutreffender messen soll als eine einfache Kennzahl. Gegenüber den bereinigten Indikatoren ergeben sich hier keine zusätzlichen Anforderungen an die Datenverfügbarkeit. Methodisch erfordert allerdings auch die Re-aggregation die Anwendung eines statistischen Aggregationsverfahren (z.B. in Form eines Kettenindex).
- Neben den bisher genannten Indikatoren werden im ODYSSEE-Projekt zusätzlich so genannte Diffusionsindikatoren (z.B. Marktdurchdringung energieeffizienter Technologien) und Benchmark-Indikatoren berechnet, wobei die Benchmarks wiederum aus anderen Indikatoren abgeleitet werden.

Im Folgenden werden sowohl die für die Indikatorberechnung erforderlichen statistischen Daten als auch die daraus berechneten Indikatoren für die einzelnen Sektoren des Endenergieverbrauchs (Private Haushalte, Industrie, GHD, Verkehr) sowie für die Volkswirtschaft insgesamt (Makroebene) dargestellt.

3 Haushalte

3.1 Sektorspezifische Merkmale

Als Haushalte sollen hier Gruppen von privaten Personen verstanden werden, die zusammen wohnen und hinsichtlich des Energieverbrauchs zusammen gehören, bzw. private Einzelpersonen, die für sich alleine wirtschaften.

Der Haushaltssektor zeichnet sich dadurch aus, dass für die exakte Erfassung des Energieverbrauchs die statistischen Daten weitgehend nicht zur Verfügung stehen. Die zur Betrachtung der Effizienz erforderlichen Verbrauchsgrößen (wie z.B. Raumtemperaturen, Dauer und Intensität des Betriebs elektrischer Geräte) unterscheiden sich stark von Haushalt zu Haushalt. Selbst die detaillierteste statistische Erfassung ist nur bis auf die Ebene des jährlichen Brennstoff- und Stromverbrauchs möglich, eine Erhebung des Bestands an elektrischen Geräten lässt nur bedingt Rückschlüsse auf den Energieverbrauch zu.

Erschwerend kommt die Anzahl der Energieträger hinzu, die für unterschiedliche (Heizung/Warmwasser) aber auch gleiche Anwendungszwecke (gleichzeitiger Einsatz von Ölkessel und Holzofen) eingesetzt werden können, ebenso wie die Erfassungsungenauigkeiten durch die Lagerhaltung. Während die meisten Energieträger auf aggregierter Ebene grundsätzlich erfasst und den Haushalten zugeordnet werden können, ist besonders die Verwendung biogener Brennstoffe deutlich ungenauer zu erfassen, denn neben Pellet-Lieferungen werden zunehmend auch Stückholzheizungen zur alleinigen oder zusätzlichen Heizung oder Brauchwassererwärmung verwendet. Ebenso lässt sich zwar in etwa die verbaute Sonnen-Kollektorfläche erfassen, der Einsatz und die Effizienz dieser Anlagen hingegen kann nur abgeschätzt werden.

Ein weiteres grundlegendes Problem in diesem Sektor stellt die Abgrenzung zum GHD-Sektor dar, die in zahlreichen Quellen nur durch Abschätzungen vorgenommen werden kann. Denn obwohl die Definition der Haushalte eindeutiger ist als die des GHD-Sektors (dessen Abgrenzung zum Verkehrs- und Industriebereich sich bedeutend von Quelle zu Quelle unterscheidet), kommt es durch die ähnliche Energieträgernutzung von privaten Haushalten und kleinen GHD-Einheiten zu Unterscheidungsproblemen. So entstehen Ungenauigkeiten bei der Zuordnung z.B. hinsichtlich der Erfassung des Heizöl- und Fernwärmeverbrauchs gemischt genutzter Gebäude (siehe AGEB/BDEW 1996-2007). Auch wird z.B. der Absatz von Elektrogeräten, Heizungsinstallationen oder Wärmedämmungen von den Verbänden (wenn überhaupt) nicht getrennt nach der Abnahme durch private Haushalte oder GHD-Betriebe erfasst.

3.2 Datenquellen

Unter der Maßgabe, dass zur Erstellung der Indikatoren ausschließlich Datenquellen verwendet werden sollen, die für einen möglichst langen Zeitbereich vorliegen, frei zugänglich sind und regelmäßig aktualisiert werden, wurden die folgenden Datenquellen ausgewählt, die in den Kapiteln 3.2.1 bis 3.2.3 vorgestellt werden. Verfolgt wurde dabei

vorwiegend ein top-down Ansatz unter Verwendung aggregierter Daten, da für die Bildung aussagekräftiger Indikatoren für eine bottom-up Berechnung keine Daten verfügbar sind, die den oben genannten Anforderungen genügen.

Im Kapitel 3.2.4 wird kurz auf Daten eingegangen, die nicht oder nur käuflich verfügbar sind.

3.2.1 Energieverbrauch

Nach intensivem Quellenstudium wird als zentrale Quelle für den Energieverbrauch im Haushaltssektor die jährlich veröffentlichte Anwendungsbilanz der Projektgruppe Nutzenergiebilanzen (AGEB/BDEW 1996-2007) vorgeschlagen, die auf den Auswertungsbilanzen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen basiert (siehe Kapitel 2.1). In den Anwendungsbilanzen wird der Endenergieverbrauch auf die verschiedenen Anwendungsbereiche und Energieträger aufgeschlüsselt. Es wird unterschieden in Raumwärme, Warmwassererzeugung, Prozesswärme (hier: Kochen), mechanische Energie (incl. Information und Kommunikation) sowie Beleuchtung. Elektrisch betriebene Waschmaschinen, Trockner und Geschirrspüler sind mit ihren der Wassererwärmung zuzurechnenden Stromverbräuchen bei der Warmwasserversorgung erfasst. Der Endenergieverbrauch für Kühlen und Gefrieren wird der mechanischen Energie zugeordnet, der Endenergieverbrauch für die Klimatisierung hingegen dem Endenergieverbrauch für Raumwärme. Heizungsumwälzpumpen sind der Kategorie „mechanische Energie“ zugewiesen. Der Begriff „Mechanische Energie“ soll hier von nun an mit „Elektrogeräte und Pumpen“ ersetzt werden und die „Prozesswärme“ durch den Begriff „Kochen“, da diese Bereiche im Haushaltssektor ausschließlich mit diesen Anwendungen besetzt sind.

Die Anwendungsbilanzen sind im Bereich der Haushalte mit großen Unsicherheiten behaftet: Da auch die Ersteller dieser Bilanzen vor dem Problem stehen, dass keine regelmäßig aktualisierten, belastbaren Quellen zur bottom-up Ermittlung des Energieverbrauchs der Haushalte verfügbar sind, basieren die Annahmen zum Energieverbrauch auf aus verschiedenen Quellen stammenden Analysen und Messungen sowie Expertenschätzungen der Projektgruppe Nutzenergiebilanzen (BDEW, AGEB, TU München). Für die Bilanzierung werden in jedem Jahr die besten verfügbaren Werte verwendet, wodurch es jedoch immer wieder zu methodischen Brüchen kommt, die nicht dokumentiert werden.

Eine zusätzliche Unsicherheit besteht in der Abgrenzung zwischen dem GHD-Bereich und den Haushalten: Bei gemischt genutzten Gebäuden werden Energielieferungen (Heizöl und Fernwärme) vollständig den Haushalten zugerechnet, womit der Verbrauch der Haushalte für Raumwärme und Warmwasser regelmäßig etwas zu hoch ausgewiesen wird. Der Abgleich mit der Energiebilanz erfolgte jeweils zu einem bestimmten Zeitpunkt, spätere Korrekturen der Energiebilanz, wie sie immer wieder durch Neuberechnungen nötig gewesen waren, wurden nicht mehr berücksichtigt. Dies ist auch der Grund, warum zurückliegende Jahrgänge der Anwendungsbilanz nicht mehr öffentlich verfügbar sind. Die hier verwendeten Daten stammen aus den Archiven des Herrn Ziesing und sind im Anhang detailliert aufgeführt (siehe Anhang).

Keine andere Quelle bietet in verschiedene Anwendungen unterteilte Zeitreihen der Energieverbräuche nach Brennstoffen aufgeschlüsselt, meistens werden nur einzelne Anwendungsgebiete in einzelnen Jahren untersucht. Die Vermischung dieser Quellen würde nicht zu einem konsistenten Gesamt-Energiebedarf im Haushaltsbereich führen. Oftmals wurden nicht exakt nachvollziehbare Temperaturbereinigungen durchgeführt oder die Lagerhaltung von Brennstoffen wurde nicht berücksichtigt. Auch wurden teilweise Überträge vom Haushaltsbereich in den GHD-Bereich vorgenommen, die nicht genau dokumentiert wurden. Durch das Verwenden von Angaben zu einzelnen Jahren wären zahlreiche Interpolationen notwendig, die die Interpretation der darauf aufbauenden Indikatoren beeinflussen könnten. Betrachtet wurden unter anderem folgende Quellen unter dem Aspekt der Brauchbarkeit der dort aufgeführten Energieverbräuche: BMWI (2008a), UBA (2007), Odyssee (2008); Öko et al. (2009), StBA (2006+2008a+2009c).

Die Verwendung der Anwendungsbilanzen als Zeitreihe ist unter Berücksichtigung der oben genannten Punkte nicht unproblematisch, stellt aber die derzeit konsistenteste Art dar, um den Energieverbrauch der Haushalte zu beschreiben.

Die Daten der Anwendungsbilanzen liegen für die Jahre 1996 bis 2007 für Gesamtdeutschland, für das Jahr 1993 getrennt in alte und neue Bundesländer und für 1990 bis 1992 nur für die alten Bundesländer vor. Für die Jahre 1994 und 1995 wurden von der Arbeitsgemeinschaft keine Anwendungsbilanzen erstellt, stattdessen gibt es eine ähnliche Auswertung von Haß/RWE, in der die Prozesswärme nicht getrennt nach Warmwasser und Kochen aufgeführt ist und auch keine Lagerhaltung berücksichtigt ist. Dieser Punkt sollte aber durchaus für den Heizölverbrauch im Bereich der Raumwärme berücksichtigt werden, da in diesem Bereich die Lagerhaltung zu entscheidenden Verschiebungen zwischen den einzelnen Jahren führen kann. In den Anwendungsbilanzen findet sich ein jährlicher Posten zur Bevorratung, der auf einer Schätzung der Arbeitsgemeinschaft unter Berücksichtigung eines (unveröffentlichten) Haushaltspanels der Mineralölwirtschaft beruht, in dem auf die Veränderung des Befüllungsgrades der Heizöltanks abgestellt wird. Lagerbestandsveränderungen von festen Brennstoffen werden nicht erfasst.

Um allein auf einer Quelle zu basieren, werden die Zeitreihen für die Indikatoren ab dem Jahr 1996 gebildet, auch um die Unsicherheiten der Daten möglichst zu begrenzen.

Für die angestrebte Konsistenz mit den jährlichen Energiebilanzen der AGEB werden die Anwendungsbilanzen jährlich auf Ebene der Energieträger an die Energiebilanzen angepasst. So liegt z.B. im Jahr 1996 der Mineralölverbrauch der Haushalte bei der Anwendungsbilanz um 76 PJ niedriger als in der Energiebilanz (Haushalte, Zeile 66). Diese Abweichung von 8 % wurde auf alle betroffenen Anwendungsbereiche übertragen, so dass nach der Durchführung dieser Berechnung der Verbrauch jedes einzelnen Energieträgers mit der Energiebilanz übereinstimmt. Die Bevorratung wurde anschließend berücksichtigt, ebenso wie eine Temperaturbereinigung im Raumwärmebereich entsprechend Kapitel 2.2.

In den Begleittexten der Anwendungsbilanzen der Jahre 2002 und 2003 wird darauf hingewiesen, dass Heizöl- und Fernwärme-Lieferungen bei gemischt genutzten Gebäuden regelmäßig den Haushalten zugerechnet und damit der Verbrauch der Haushalte für Raumwärme und Warmwasser vermutlich zu hoch ausgewiesen wird. Im Jahr 1998 wurde dieser Betrag auf 85 PJ (2,9 Mio. t. SKE¹), in den Jahren 2002 und 2003 auf 76 PJ (2,6 Mio. t SKE) geschätzt, also rund 7 % des gesamten Heizöl- und Fernwärmeverbrauchs der Haushalte. In den Anwendungsbilanzen 2006 und 2007 erfolgt bewusst keine Quantifizierung, weil die Zahlen als veraltet angesehen werden und keine aktuelleren verfügbar sind². Bei der Erstellung der Daten der Umweltökonomischen Gesamtrechnung vom Statistischen Bundesamt wird dieser Übertrag bei Heizöl und Fernwärme, jedoch nicht bei Gas seit dem Jahr 2009 für die gesamte Zeitreihe berücksichtigt- unter Verwendung der oben beschriebenen Zahlen³.

Aus mehreren Gründen wird hier von einer Berücksichtigung des Übertrags abgesehen: Zum einen ist die Abschätzung des Übertrags nicht nachvollziehbar und erscheint recht pauschal, für die letzten Jahre müssten die abgeschätzten Werte hier ohne klare Datenbasis fortgeschrieben werden. Zum anderen wird im Folgenden der Energieverbrauch unter anderem in Bezug gesetzt zur Anzahl von Wohnungen. Diese enthalten nach der Definition des Statistischen Bundesamtes (s. Kapitel 3.2.2) auch GHD-Betriebe: man denke an Anwaltskanzleien oder Arztpraxen, die durchaus in vollständigen Wohnungen (incl. Bad und Küche) zu finden sind. Damit handelt es sich genau um die Wohnungen in den gemischt genutzten Gebäuden, die in den Anwendungsbilanzen durch den Übertrag berücksichtigt werden sollen. Des Weiteren würde die pauschale Herausrechnung des Betrags am zeitlichen Verlauf des Energieverbrauchs wenig ändern, auf den in diesem Bericht besonders abgestellt wird.

Bei der Betrachtung der Energieträger in den Anwendungsbilanzen fällt auf, dass die „anderen Gase“ nicht durchgängig berücksichtigt sind: In den Jahren 1996, 2000 und 2001 erfolgt eine Aufteilung von 9 bis 14 TWh (1,1 bis 1,7 Mio. t SKE) auf die einzelnen Anwendungsbereiche, in den Jahren 2004 und 2005 erfolgt diese Aufteilung nicht, nur die Gesamtsummen 9 bis 6,5 TWh (1,1 bzw. 0,8 Mio. t SKE) werden erwähnt. In den übrigen Jahren erfolgt keine Erwähnung der „anderen Gase“. Die „sonstigen Mineralölprodukte“ werden ebenfalls in einzelnen Jahren erwähnt, zum Teil aufgeteilt auf Anwendungsbereiche – liegen aber in der Summe nie über 0,8 TWh (0,1 Mio. t SKE). Zur Vereinfachung und Vereinheitlichung der Darstellung werden alle Mineralölprodukte aus der Energie- und Anwendungsbilanz unter „Heizöl“ zusammengefasst, ebenso wie alle Gase unter „Erdgas“.

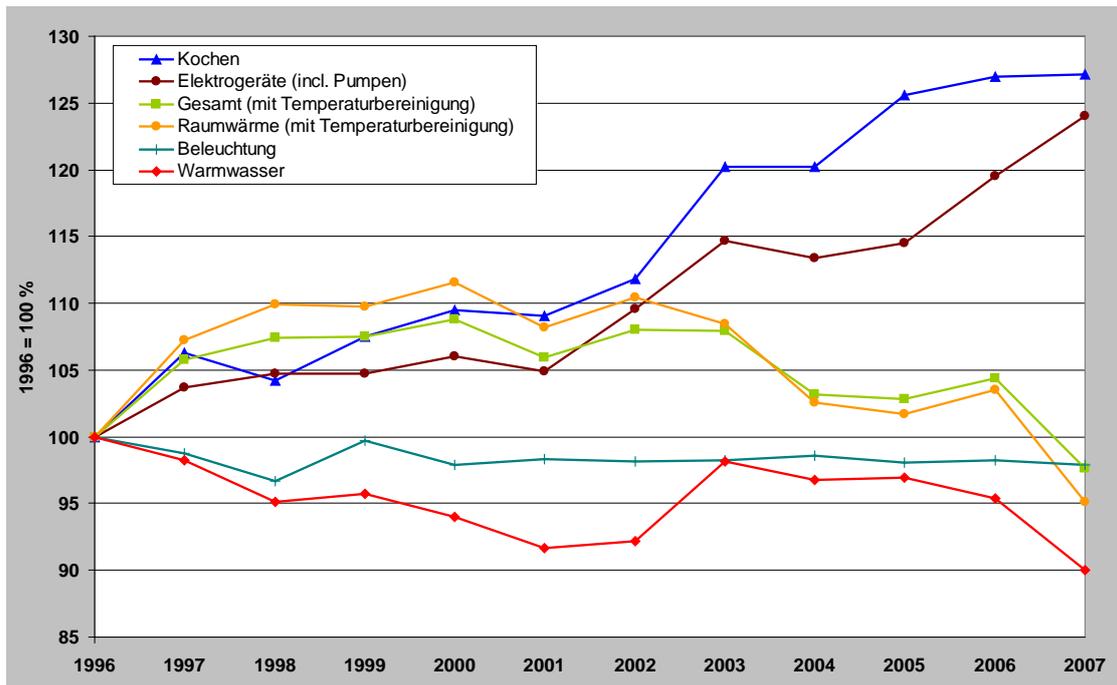
Der Energieverbrauch nach den Anwendungsbilanzen für die einzelnen Anwendungsbereiche ist in der folgenden Grafik bezogen auf das Jahr 1996 dargestellt.

¹ Für die leichtere Nachvollziehbarkeit der Zahlenangaben werden diese zusätzlich wie in den Energiebilanzen in der Einheit Mio. t SKE angegeben (1 Mio. t SKE = 8,142 TWh).

² Email-Kommunikation mit Herrn Nickel, BDEW, am 24.Juni 2009.

³ Persönliche Kommunikation mit Frau Flachmann vom Statistischen Bundesamt, Abteilung Umweltökonomische Gesamtrechnung am 23.Juni 2009.

Abbildung 3-1 Verlauf der Endenergieverbräuche nach den Anwendungsbilanzen



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Kochen	TWh	27	28	28	29	29	29	30	32	32	34	34	34
Elektrogeräte und Pumpen	TWh	50	52	52	52	53	52	54	57	56	57	59	62
Gesamt	TWh	662	701	713	712	721	700	713	707	673	668	677	625
Raumwärme (mit Temperaturkorrektur)	TWh	562	603	618	617	627	608	621	610	576	572	582	535
Beleuchtung	TWh	12	11	11	12	11	11	11	11	11	11	11	11
Warmwasser	TWh	88	86	84	84	83	81	81	86	85	85	84	79
nachrichtlich:													
Gesamt (ohne Temperaturkorrektur)	TWh	818	780	773	747	733	774	761	781	754	746	733	660
Raumwärme (ohne Temperaturkorrektur)	TWh	642	602	598	570	557	601	584	594	569	559	544	474

Quelle: Daten: AGEb/BDEW 1996-2007, AGEb 2009, Anpassung an Energiebilanz und Temperaturkorrektur durch Öko-Institut

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass der Gesamt-Endenergieverbrauch nach einem Anstieg bis zum Jahr 2000 im Sinken begriffen ist, wobei besonders von 2006 auf 2007 eine deutliche Abnahme zu verzeichnen ist. Diese beruht hauptsächlich auf einem erheblich gesunkenen Verbrauch an leichtem Heizöl, der sich nur im Raumwärme- und Warmwasserbereich niederschlägt (siehe dazu die Tabelle unter Abbildung 3-2).

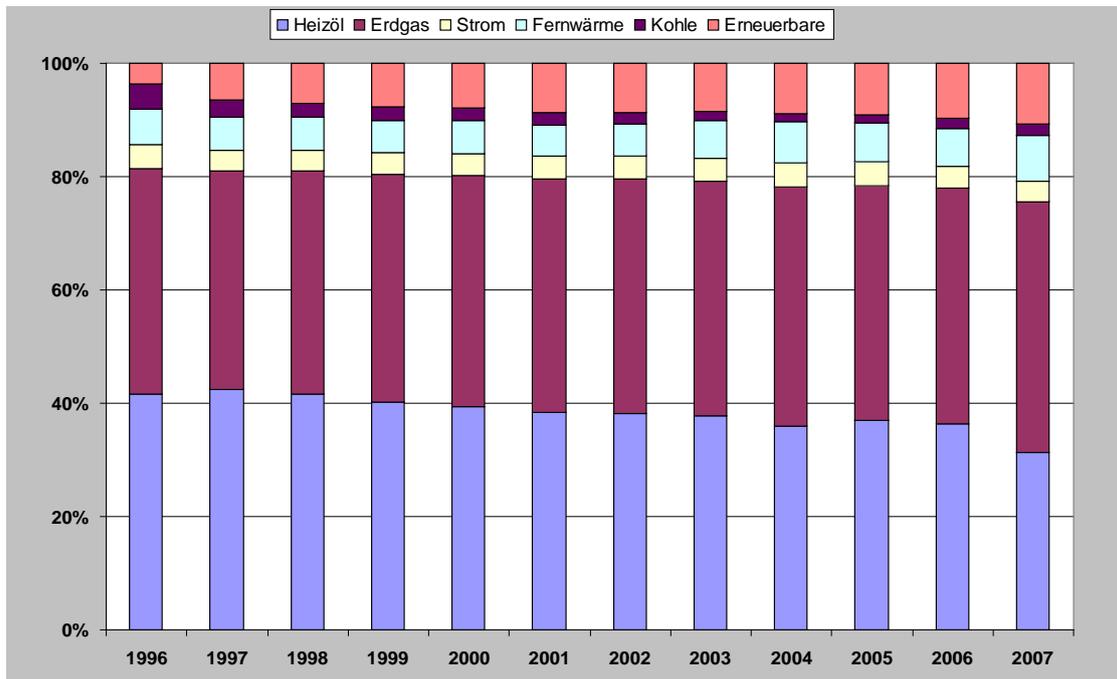
Den mit durchschnittlich 77 % größten Anteil am Gesamt-Endenergieverbrauch stellt der Endenergieverbrauch für die Raumwärme dar, mit einem entsprechend nahezu deckungsgleichen Verlauf über die Zeitreihe. Der Endenergieverbrauch für die Warmwassererzeugung ist über die Zeitspanne unter dem Wert des Jahres 1996 geblieben,

mit einem Höchstwert im Jahr 2003, an den sich eine deutlich sinkende Tendenz anschließt. Die großen Sprünge im Warmwasserbereich legen die Vermutung wechselnder zu Grunde liegender Annahmen zur Warmwasserbereitstellung, zum Warmwasserverbrauch aber auch zur Aufteilung zwischen den Anwendungen nahe. Auf Nachfrage beim BDEW (Herrn Nickel) können die Annahmen nicht nachvollzogen werden, jedoch wurde darauf hingewiesen, dass in überdurchschnittlich warmen Jahren generell auch ein geringerer Warmwasserbedarf angenommen wird.

Der Trend des Endenergieverbrauchs für die Beleuchtung verläuft konstant unter dem Wert für das Jahr 1996, der Endenergieverbrauch für Kochen sowie Elektrogeräte und Pumpen ist hingegen kontinuierlich gestiegen.

In der folgenden Grafik ist der zeitliche Verlauf der Aufteilung der Energieträger im Bereich der Raumwärme dargestellt.

Abbildung 3-2 Verlauf der Energieträgeranteile beim Endenergieverbrauch für Raumwärme



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gesamt	TWh	562	603	618	617	627	608	621	610	576	572	582	535
Heizöl (leicht)	TWh	234	255	257	248	248	234	237	230	207	211	212	168
Erdgas	TWh	223	232	243	248	255	250	258	253	243	237	242	237
Strom	TWh	24	23	23	23	24	24	24	25	25	23	22	19
Fernwärme	TWh	35	35	36	36	37	34	36	41	42	39	40	43
Kohle	TWh	25	18	14	15	14	13	12	9	8	9	10	10
Sonstige inkl. Erneuerbare	TWh	21	39	44	47	50	53	54	52	51	52	57	58
Heizöl (leicht)	%	41,6	42,3	41,7	40,2	39,5	38,5	38,1	37,7	35,9	36,9	36,4	31,3
Erdgas	%	39,8	38,6	39,3	40,2	40,7	41,2	41,5	41,5	42,2	41,5	41,6	44,3
Strom	%	4,3	3,8	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,1	4,3	4,1	3,7	3,6
Fernwärme	%	6,2	5,8	5,9	5,8	5,9	5,6	5,8	6,6	7,3	6,9	6,8	8,1
Kohle	%	4,4	3,0	2,3	2,4	2,2	2,2	1,9	1,5	1,4	1,5	1,7	1,9
Sonstige inkl. Erneuerbare	%	3,7	6,5	7,1	7,7	7,9	8,6	8,7	8,5	8,9	9,1	9,7	10,8

Quelle: Daten: AGEB/BDEW 1996-2007, AGEB 2009, Anpassung an Energiebilanz und Temperaturkorrektur: Öko-Institut

In den Anwendungsbilanzen werden die erneuerbaren Energieträger unter „Sonstige“ aufgeführt, wobei im Haushaltsbereich angenommen werden kann, dass die „Sonstigen“ nahezu vollständig durch die Erneuerbaren Energien abgedeckt werden. Für das

Jahr 2004 entsprechen diese Daten denen aus dem Sachstandsbericht Nachhaltige Wärmeversorgung (UBA 2007).

Deutlich zu erkennen ist in Abbildung 3-2 der zunehmende Anteil an Gas und Erneuerbaren Energien im Laufe der Zeitreihe. Der starke Rückgang des Endenergieverbrauchs vom Jahr 2006 auf 2007 beruht besonders auf der Abnahme des Heizölverbrauchs. Dieser ist sowohl in der Anwendungs- als auch der Energiebilanz im Jahr 2007 auffällig niedrig, in der Auswertungsbilanz 2008 steigt er wieder deutlich an. Die oben dargestellten Zahlen enthalten im Jahr 2007 bereits eine Lagerbestandsbereinigung von 33 TWh, die in den Anwendungsbilanzen ausgewiesen ist (siehe Anhang). Laut MWV (2007) ist der Heizölverbrauch im Jahr 2007 so gering gewesen, weil die Tankbestände im Vorjahr auf Grund der anstehenden Mehrwertsteuererhöhung befüllt wurden und das hohe Preisniveau die Wiederbevorratung dämmte. Dazu kam, dass das Jahr 2007 überdurchschnittlich warm war und in der betrachteten Zeitreihe die niedrigste deutschlandweite Gradtagszahl aufwies. Dieser Effekt wird jedoch durch die Temperaturkorrektur berücksichtigt.

3.2.2 Bevölkerungs- und gebäudebezogene Größen

3.2.2.1 Wohnbevölkerung

Für Angaben zu der Bevölkerung existieren beim Statistischen Bundesamt mehrere Zeitreihen, die sich in der Art der Fortschreibung und der Erhebung unterscheiden. Der jährlich erscheinende Mikrozensus, bietet eine Zeitreihe von 1991-2008 (StBA 2009d). Bis zum Jahr 2004 wurden diese Daten in einer festen Berichtswoche erhoben, ab dem Jahr 2005 wird das gesamte Befragungsvolumen auf sämtliche Kalenderwochen verteilt. In den Veröffentlichungen zu den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (StBA 2009a) werden Zeitreihen mit Jahresdurchschnittszahlen angegeben. Die Bevölkerungszahlen nach dem Mikrozensus liegen jeweils etwas höher als die Jahresdurchschnittszahlen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, was darin begründet liegen kann, dass es bei dieser Befragung bei Personen mit Haupt- und Nebenwohnsitz zu einer Doppelzählung kommen kann. Für die Betrachtungen in allen Sektoren werden schließlich die Bevölkerungszahlen nach den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (StBA 2009a) verwendet. Eine Darstellung des Verlaufs ist in Abbildung 3-4 zu finden.

3.2.2.2 Wohnflächen, Wohngebäude und Anzahl an Wohnungen

Daten zum Gebäude- und Wohnungsbestand von Deutschland werden vom Statistischen Bundesamt regelmäßig veröffentlicht. Die letzten Totalzählungen fanden im früheren Bundesgebiet im Mai 1987 statt, in den Neuen Bundesländern und Berlin-Ost im September 1995. Die seitdem veröffentlichten Daten sind Fortschreibungen des Gebäude- und Wohnungsbestandes. Die Basisdaten der Zählungen werden dazu jährlich durch den Saldo der Zu- und Abgänge an Wohngebäuden und Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden aus Ergebnissen der Bautätigkeitsstatistik fortgeschrieben.

Es ist davon auszugehen, dass mit zunehmendem Abstand zum Jahr der Totalzählung die Wahrscheinlichkeit von Ungenauigkeiten ansteigt, jedoch existieren keine besseren deutschlandweiten Daten. Die Ungenauigkeiten werden bei den Wohnflächen als geringer angesehen als bei der Anzahl der Wohnungen, da Wohnungszusammenlegungen oder –Trennungen nach der Zählung und der Erbauung nicht erfasst werden können.

Das statistische Bundesamt unterscheidet bei den Wohnungen und Wohnflächen⁴, ob diese sich in Wohngebäuden oder Nicht-Wohngebäuden befinden. Letzteres ist der Fall, wenn mehr als die Hälfte der Gesamt-Nutzfläche Nichtwohnzwecken dient. Wohnheime sind in diesen Reihen generell ausgeschlossen. In der Fachserie 5 Reihe 3 (Bestand an Wohnungen) (StBA 2004 und 2009h) werden die Wohnflächen und Wohnungen in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden von 1990 bis 2008 aufgeführt. In der Datenbank Destatis lassen sich für die Jahre 1995 bis 2007 Daten zu den Wohnflächen in den Wohngebäuden finden. Durch den Vergleich dieser Zeitreihen lässt sich abschätzen, dass die Wohnfläche in Nicht-Wohngebäuden nur rund 2 % der Gesamtwohnfläche beträgt. Sie sollte hier dennoch berücksichtigt werden, da es sich bei den Wohnungen in Nicht-Wohngebäuden um reguläre Wohnungen⁵ im hier betrachteten Sinne handelt. In der gleichen Fachserie werden ab 1990 Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden aufgeführt.

Für die Untersuchungen hier ist es außerdem sinnvoll den Leerstand zu berücksichtigen. Die sich dadurch ergebenden Netto-Wohnflächen von Wohngebäuden sind nur für einzelne Jahre vom Statistischen Bundesamt verfügbar (StBA 2008a). Der prozentuale Anteil des Leerstands liegt in diesen Jahren jeweils bei 3,7 %. Mit diesem Wert werden die Wohnflächen von Wohn- und Nichtwohngebäuden korrigiert.

Ähnlich wird mit der Anzahl der Wohnungen verfahren. In der Mikrozensus-Zusatzerhebung (StBA 2008i) werden Angaben zu leerstehenden Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden getätigt (die auch in BMVBS (2009b) aufgeführt sind). Dabei handelt es sich jeweils um einen Anteil von 8 % aller Wohnungen, der als leerstehend angesehen wird. Um diese Prozentzahl wird die Anzahl der bestehenden Wohnungen reduziert, um die Anzahl der bewohnten Wohnungen zu erhalten.

Daten zum Gebäudebestand sind aus der Datenbank DESTATIS des Statistischen Bundesamtes entnommen (2008d). Wohngebäude mit nur einer Wohnung wurden hier als Einfamilienhäuser kategorisiert.

⁴ Die **Wohnfläche** ist die Summe der anrechenbaren Grundfläche der Räume, die ausschließlich zu einer Wohneinheit gehören. Zur Wohnfläche von Wohnungen gehören die Flächen von Wohn- und Schlafräumen, Küchen und Nebenräumen (Dielen, Abstellräume, Bad und dgl.) mit einer lichten Höhe von mindestens 2 m (Definition nach StBA 2009h).

⁵ Eine **Wohnung** ist die Summe aller Räume, die die Führung eines Haushaltes ermöglichen, darunter ist stets eine Küche oder ein Raum mit Kochgelegenheit. Eine Wohnung hat grundsätzlich einen eigenen abschließbaren Zugang unmittelbar vom Freien, einem Treppenhaus oder einem Vorraum, ferner Wasserversorgung, Abguss und Toilette, die auch außerhalb des Wohnungsabschlusses liegen können. (Definition nach StBA 2009h).

Die Verläufe der Anzahl der Wohnungen und der Wohnflächen sind in Abbildung 3-4 dargestellt. Der Begriff „Wohnung“ wird von hier an wie in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen mit dem Begriff „Wohneinheit“ (WE) gleichgesetzt⁶.

3.2.2.3 Haushalte

Die Anzahl der Haushalte wurde der Zeitreihe des Mikrozensus 2008 entnommen (StBA 2009d). Damit liegt diese Zeitreihe, auch aufgegliedert nach der Anzahl der Personen in den Haushalten für die Jahre 1991 bis 2007 vor⁷.

Bei der Interpretation der Bevölkerungs- und Haushaltsdaten des Mikrozensus ist zu berücksichtigen, dass es einige grundlegende methodische Änderungen im Erhebungs- und Hochrechnungskonzept ab dem Jahr 2005 gab. So wird die Kategorisierung der Haushalte von da an nach dem „Lebensformenkonzept“ durchgeführt, das auch „alternative“ Lebensformen als Haushalte berücksichtigt. Weitere Brüche ergeben sich durch die Einführung der Unterjährigkeit des Erhebungsverfahrens (StBA 2007a), die in der Einführungsphase noch zu Problemen führte. Nach Rücksprache mit dem Statistischen Bundesamt⁸ werden durch die Einführung der Unterjährigkeit einzelne Haushalte in verschiedenen Quartalen aber auch Jahren erfasst, die sich in Summe nicht so ausgleichen wie vorhergesehen war. Dieses betrifft besonders junge Haushalte, die häufiger von Singles gebildet werden, wodurch das Statistische Bundesamt der Auffassung ist, dass die ausgewiesene Anzahl der Einpersonen-Haushalte von 2004 auf 2005 zu schwach angestiegen ist und von 2005 auf 2006 deutlich zu stark. Der in den Zahlen nach dem Mikrozensus zu beobachtende Rückgang von 2006 auf 2007 ist deshalb nicht richtig, im Gegenteil fand ein weiterer leichter Anstieg statt, so dass der Trend vollständig erhalten bleibt. Vom Statistischen Bundesamt wurde zu diesen methodischen Problemen eine Abschätzung unternommen, die in den hier verwendeten Zahlen berücksichtigt wurde (StBA 2009g). Möglicherweise findet auf der Basis dieser Abschätzungen auch eine öffentliche Revidierung der Zahlen des Mikrozensus statt, um etwaige Artefakte durch veränderte Erhebungsmethoden in der Statistik zu vermeiden.

Anzumerken ist, dass Daten zu der Anzahl der Haushalte auch aus den Mikrozensus – Zusatzerhebungen zur Wohnsituation der Haushalte (StBA 2008i) vorliegen, die alle vier Jahre durchgeführt werden⁹. Diese liegen deutlich (im Jahr 2006 z.B. um 7 %) unter denen der Mikrozensus-Erhebung zur Bevölkerung und Erwerbstätigkeit (StBA 2009d). Das wird damit begründet, dass die erstgenannte Erhebung sich auf die Fortschreibung der Wohnungen stützt, die andere auf die Fortschreibung der Bevölkerungsentwicklung¹⁰. Da in StBA (2008i) keine durchgehenden Zeitreihen zur Verfügung

⁶ Diese Begriffe unterscheiden in anderen amtlichen Statistiken Wohnungen (Wohneinheit mit Küche) von anderen Wohneinheiten ohne Küche, der Anteil von Wohneinheiten ohne Küche ist jedoch vernachlässigbar.

⁷ Diese entspricht der Zeitreihe aus BMVBS (2009b).

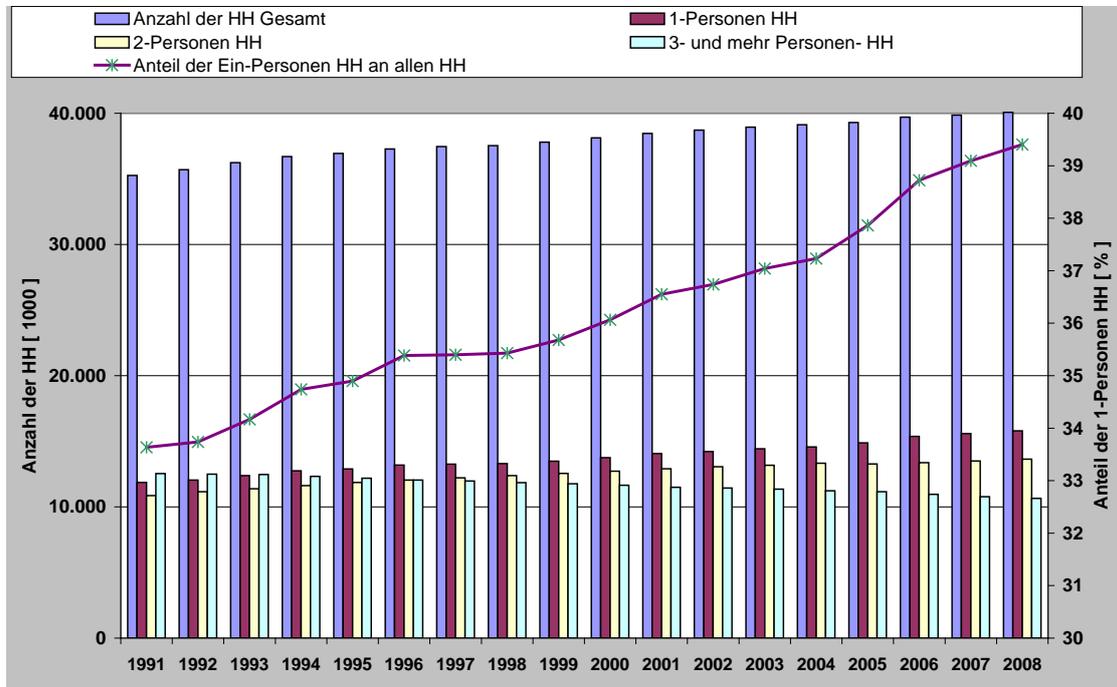
⁸ Gespräch mit Herrn Breiholz am 15. Juli 2009

⁹ In BMVBS (2009) werden diese Zahlen für die Anzahl der Haushalte erwähnt.

¹⁰ Gespräch mit Herrn Breiholz (StBA) am 17. Juli 2009.

gestellt werden, sollen hier die Zahlen aus StBA (2009d+g) Verwendung finden, die auch anderen Veröffentlichungen zu Grunde liegen.

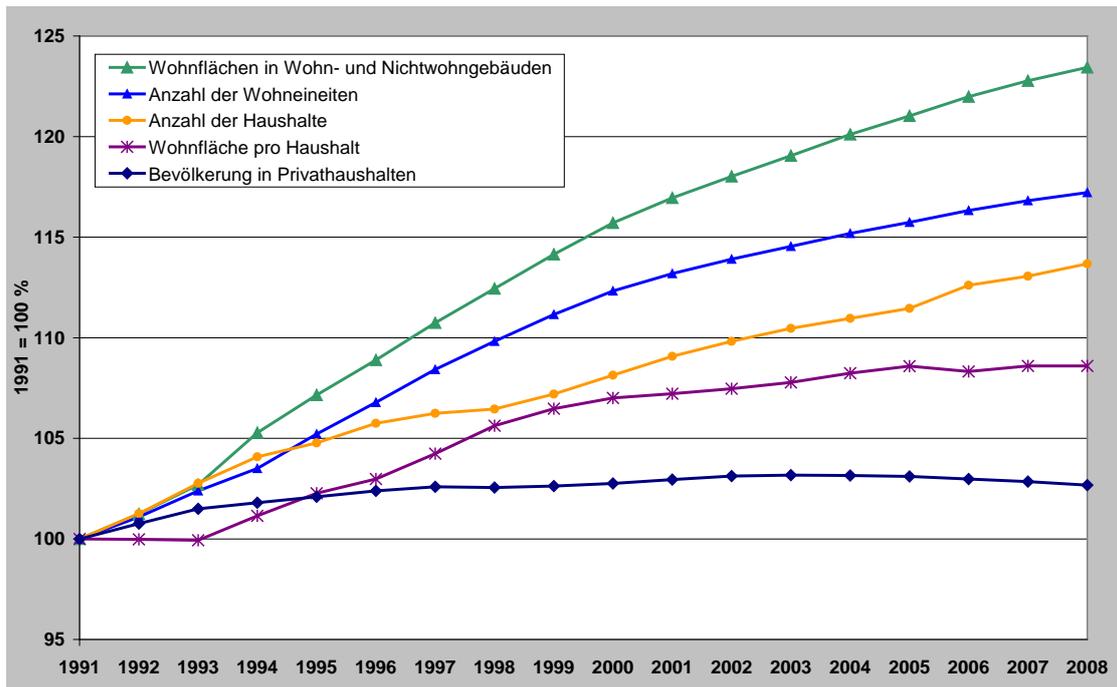
Abbildung 3-3 Entwicklung der Anzahl der Haushalte



		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Anzahl der Haushalte	Mio.	35,26	35,70	36,23	36,70	36,94	37,28	37,46	37,53	37,80	38,12	38,46	38,72	38,94	39,12	39,30	39,70	39,86	40,08	
1-Personen HH	Mio.	11,86	12,04	12,38	12,75	12,89	13,19	13,26	13,30	13,49	13,75	14,06	14,22	14,43	14,57	14,88	15,37	15,58	15,79	
2-Personen HH	Mio.	10,86	11,16	11,39	11,62	11,86	12,04	12,22	12,39	12,55	12,72	12,90	13,06	13,17	13,34	13,27	13,38	13,50	13,64	
3 und mehr-Personen HH	Mio.	12,54	12,50	12,46	12,32	12,19	12,05	11,98	11,85	11,76	11,65	11,50	11,44	11,35	11,22	11,15	10,95	10,78	10,65	

Quelle: StBA 2009d+g

Abbildung 3-4 Entwicklung der grundlegenden Einflussgrößen im Haushaltssektor



		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Wohnflächen in Wohn- und Nichtwohngeb.	Giga m ²	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3
Anzahl der Wohneinheiten	Mio.	31	31	32	32	33	33	34	34	35	35	35	36	36	36	36	36	37	37	37
Anzahl der Haushalte	Mio.		35	36	36	37	37	37	37	38	38	38	38	39	39	39	39	40	40	40
Wohnfläche pro Haushalt	m ² /HH		77	77	77	78	78	79	80	81	82	82	82	82	83	83	83	83	83	83
Bevölkerung in Privathaushalten	Mio.	79	80	81	81	81	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	82	82	82	82
nachrichtlich:																				
Anzahl Gebäude	Mio.						16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	18	18	18	18
Einfamilienhäuser	Mio.						10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11

Quellen: Bevölkerung: StBA 2009a; Wohneinheiten: StBA 2004+StBA 2009h; Berechnung des Anteils bewohnter WE Öko-Institut auf Basis StBA 2008i; Haushalte: StBA 2009d+g; Wohnflächen: StBA 2004 und StBA 2009h, Berechnung des Anteils bewohnter Wohnflächen Öko-Institut auf Basis StBA 2008i; Gebäude: StBA 2008c.

Die Bevölkerung in Privathaushalten ist bis 1994 deutlich und danach bis zum Jahr 2003 nur noch leicht angestiegen, danach ist eine leichte Abnahme zu erkennen. Alle anderen Einflussgrößen auf den Energieverbrauch hingegen sind deutlich stärker und besonders auch in den Jahren ab 1993 erheblich angestiegen. Besonders die Wohnfläche stieg um 23 % an im Vergleich zum Jahr 1991, aber auch die Anzahl der Wohneinheiten und der Haushalte zeigen einen bemerkenswerten Verlauf. Nachrichtlich sei hier hinzuzufügen, dass der Anteil der Einfamilienhäuser am gesamten Gebäudebestand auf einem relativ hohen Stand nahezu stagniert.

Es besteht eine deutliche Differenz zwischen der Anzahl der Haushalte und der Anzahl von Wohnungen: Beim StBA wird ein Haushalt definiert durch eine zusammen wohnende und eine wirtschaftliche Einheit bildende Personengemeinschaft bzw. durch

Personen, die alleine wohnen und wirtschaften. Damit ist eine Mehrfachbelegung einer Wohnung mit mehreren Haushalten möglich (Untervermietung, Wohngemeinschaften, Wohnen mehrerer Generationen in einem Haus etc.). Im Sinne der Energieverwendung sind solche in einer Wohnung zusammengefassten Haushaltsgemeinschaften im Allgemeinen eher als Mehrpersonenhaushalte – also nicht als mehrere Einzelhaushalte - zu verstehen, da davon ausgegangen werden kann, dass einige Elektrogeräte zusammen und damit effizienter genutzt werden (z.B. ist die gemeinsame Verwendung von Kühlschrank und Waschmaschine durchaus üblich). Eine getrennte Abrechnung der Energieträger ist im Allgemeinen nicht möglich. Auf den Energieverbrauch abstellende Indikatoren sollten deshalb auf Wohnflächen oder Wohneinheiten bezogen werden. (Vgl. auch RWI/Forsa (2008) S. 70). In der letztgenannten Quelle wird die Differenz zwischen der Anzahl der Haushalte und der bewohnten Wohneinheiten jedoch mit 8 % angegeben. Dabei wird die Anzahl der Haushalte nach dem Mikrozensus (StBA 2009d) mit der Anzahl der bewohnten Wohnungen verglichen, die auf Basis der Fachserie 5, Reihe 3 (StBA 2008e) berechnet wurde. Wie oben ausgeführt sind die Zahlen dieser Quellen nicht direkt miteinander vergleichbar, da sie auf verschiedenen Fortschreibungen basieren. Vergleicht man die Anzahl der Haushalte mit der Anzahl der bewohnten Wohnungen nach StBA (2008i) erhält man eine Differenz von 1-2 %, (Anzahl der Haushalte pro Anzahl bewohnter Wohnungen), die auch realistischer erscheint.

Für diese Untersuchung wäre eine statistische Erhebung der Anzahl der bewohnten Wohnungen sowie der jeweiligen Anzahl der Bewohner erforderlich. Eine derartige Statistik existiert jedoch nicht. Deshalb muss hier der Trend zu kleineren Wohngemeinschaften durch die Anzahl der Haushalte und die Anzahl der Wohneinheiten verdeutlicht werden.

3.2.3 Investitionsbezogene Einflussgrößen auf den Energieverbrauch

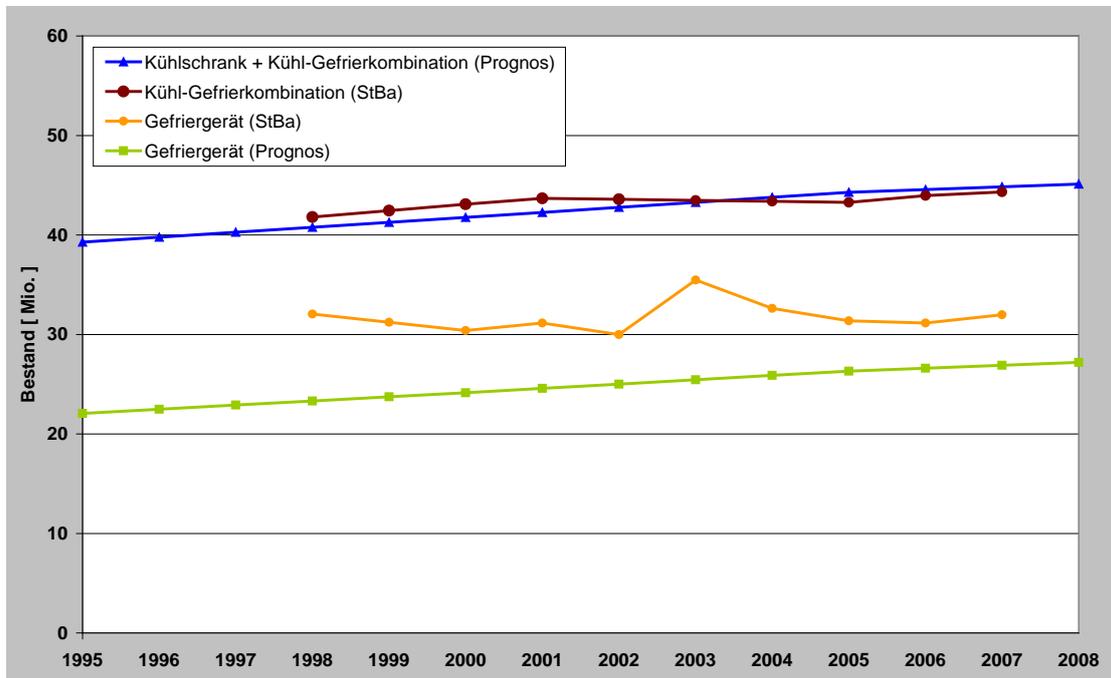
3.2.3.1 Bestandszahlen großer Haushaltsgeräte

Das statistische Bundesamt bietet dazu Zahlen für die Jahre 1998 bis 2005 in der Fachserie 15, Reihe 2 - Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen (bzw. ausgewählten) Gebrauchsgütern (2003a und 2008b), jeweils bezogen auf 100 Haushalte. Für einzelne Jahre sind für einzelne Gerätetypen keine Daten vorhanden, diese können durch Interpolationen ergänzt werden. In der jüngst veröffentlichten Studie für den BDEW sind absolute Bestandszahlen für die Jahre ,1995, 2000, 2005, 2008, 2010ff aus dem Prognos-Modell veröffentlicht (Prognos 2009).

Beim Vergleich der beiden Datenquellen zeigt sich, dass im Bereich der Kühlgeräte Prognos nach drei, das Statistische Bundesamt nur nach zwei Kategorien unterteilt. Diese Kategorien sind nicht problemlos ineinander überführbar, denn wenn auch die Addition der Kühl-Gefrierkombinationen und der Kühlschränke von Prognos zu ähnlichen Bestandszahlen führt wie beim Statistischen Bundesamt, unterscheiden sich die Bestandszahlen der Gefriergeräte jedoch substantiell (siehe Abbildung 3-5). Die Be-

standszahlen der Wasch- und Geschirrspülmaschinen sowie der Fernseher stimmen ausreichend genau überein (siehe Abbildung 3-6).

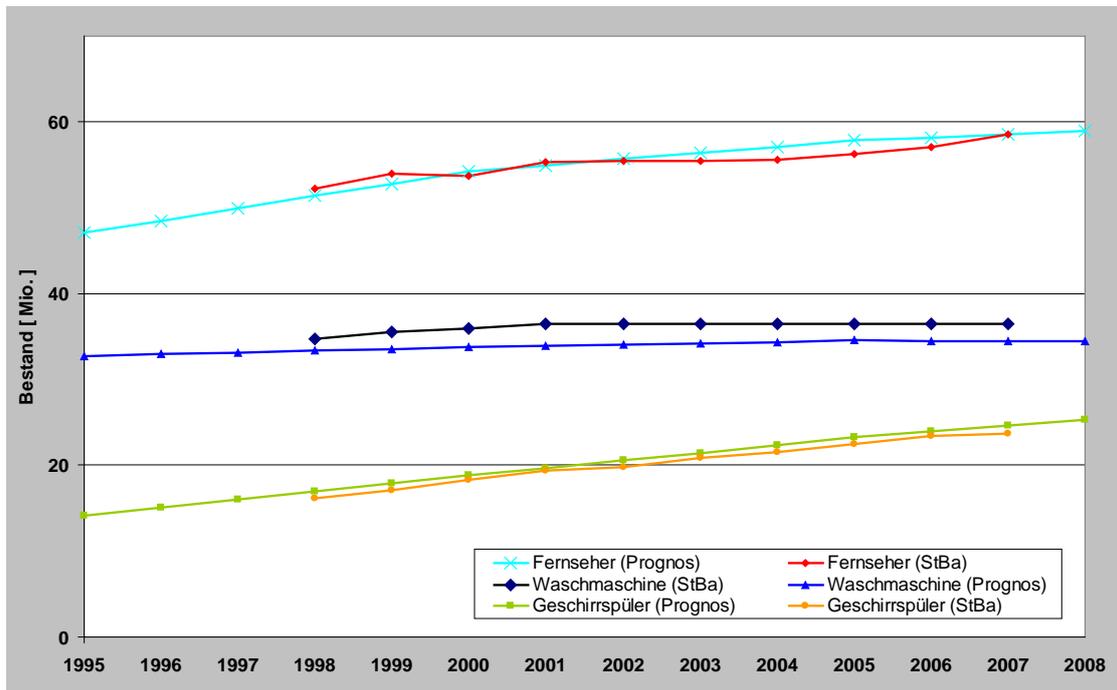
Abbildung 3-5 Vergleich von Daten zum Bestand von Kühl- und Gefriergeräten



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Kühlschrank + Kühl-Gefrierkombination (Prognos)	Mio.	39,8	40,3	40,8	41,3	41,8	42,3	42,8	43,3	43,8	44,3	44,6	44,8
Kühl-Gefrierkombination (StBa)	Mio.			41,8	42,4	43,1	43,7	43,6	43,5	43,4	43,3	43,9	44,3
Gefriergerät (StBa)	Mio.			32,1	31,2	30,4	31,2	30,0	35,5	32,6	31,4	31,2	32,0
Gefriergerät (Prognos)	Mio.	22,5	22,9	23,3	23,7	24,1	24,6	25,0	25,4	25,9	26,3	26,6	26,9

Quellen: Prognos 2009; StBA 2003a, 2008b, Interpolation fehlender Jahre durch Öko-Institut

Abbildung 3-6 Vergleich von Daten zum Bestand von Waschmaschinen, Geschirrspülern und Fernsehern



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Fernseher (Prognos)	Mio	48,5	49,9	51,4	52,8	54,2	55,0	55,7	56,4	57,1	57,8	58,2	58,6
Fernseher (StBa)	Mio			52,2	53,9	53,7	55,3	55,4	55,5	55,6	56,3	57,0	58,5
Waschmaschine (StBa)	Mio			41,8	42,4	43,1	43,7	43,6	43,5	43,4	43,3	43,9	44,3
Waschmaschine (Prognos)	Mio	33,0	33,2	33,4	33,6	33,8	33,9	34,1	34,2	34,4	34,5	34,5	34,5
Geschirrspüler (Prognos)	Mio	15,1	16,0	16,9	17,9	18,8	19,7	20,6	21,5	22,4	23,3	23,9	24,6
Geschirrspüler (StBa)	Mio			16,2	17,1	18,3	19,4	19,9	20,9	21,5	22,4	23,5	23,8

Quellen: Prognos 2009; StBA 2003a, 2008b; Interpolation fehlender Jahre durch Öko-Institut

Die stetig steigenden Bestandszahlen beruhen auf drei Effekten: Zum einen auf der Zunahme der Anzahl der Haushalte, zum anderen auf dem zunehmenden Ausstattungsgrad und -bestand. Die steigende Anzahl der Haushalte wurde im Kapitel 3.2.2 beziffert. Der Ausstattungsgrad (also die Versorgung mit den Geräten pro Haushalt) ist im Allgemeinen gleichbleibend hoch, allein bei den Geschirrspülmaschinen hat sich in den Jahren 2002 bis 2007 eine deutliche Steigerung von 10 Prozentpunkten ergeben (StBA 2008b). Der Ausstattungsbestand (also die Anzahl der vorhandenen Geräte pro Haushalt) ist durchgängig bei den betrachteten Geräten angestiegen, bei den Fernsehern sogar um 6 % von 2004 bis 2007 (StBA 2008b).

Da die Bestandszahlen der Elektro-Großgeräte zur Ermittlung der absoluten Stromverbräuche für den ODEX erforderlich sind, werden die Daten von Prognos (2009) verwendet. Damit ist zum einen die Konsistenz der Stromverbräuche und der Bestandszahlen der Geräte gesichert, zum anderen sind diese Daten über einen längeren Zeit-

raum verfügbar. Wird bei der Ermittlung des ODEX nur der Zeitraum von 1998 bis 2005 betrachtet, ergibt sich zudem eine erhebliche Verzerrung des auf das Jahr 1998 bezogenen Index, da gerade in diesem Jahr der temperaturbereinigte Energieverbrauch für die Raumwärme ein deutliches Maximum aufweist (siehe Abbildung 3-1 und Abbildung 3-26).

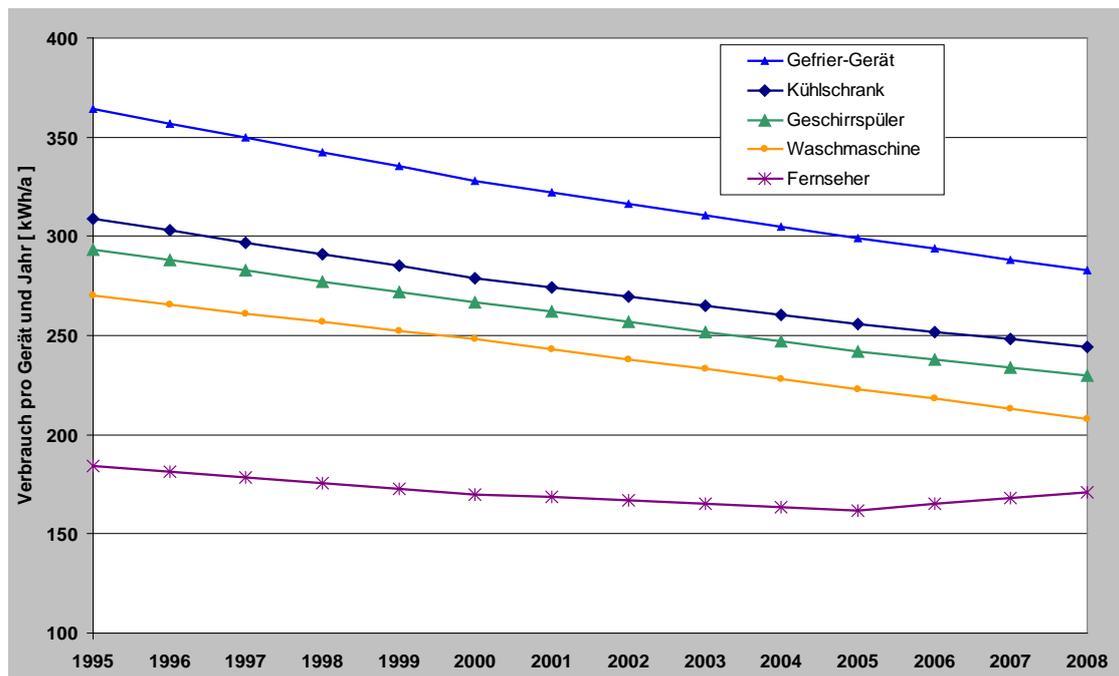
3.2.3.2 Durchschnittlicher Stromverbrauch von großen Haushaltsgeräten

Regelmäßig statistisch exakt erhobene Daten über einen längeren Zeitraum liegen für den Stromverbrauch von Elektro-Großgeräten im Bestand nicht vor. Aus diesem Grund werden hier die Daten aus dem Modell von Prognos (Prognos 2009) verwendet. Der durchschnittliche Stromverbrauch der Bestandsgeräte wird dort über Kohortenmodelle berechnet: Prognos verfügt neben Stromverbrauchsdaten über Bestands-, und Marktzugangsdaten der einzelnen Geräte und ermittelt damit, wie viele alte Geräte jährlich durch neue ersetzt werden.¹¹ Technische Neuerungen und die mit ihnen verbundenen jahrgangsspezifischen Effizienzsteigerungen im Gesamtbestand der jeweiligen Gerätekategorien werden damit im Zeitverlauf berücksichtigt. Dieses Modell wird seit vielen Jahren von Prognos regelmäßig weiterentwickelt, es stellt damit eine solide, allgemein anerkannte Datenbasis dar.

Betrachtet wird im Folgenden der Stromverbrauch von Kühlschränken, Gefriertruhen, Waschmaschinen, Geschirrspülmaschinen und Fernsehern, da diese im Jahr 2008 die fünf größten Stromverbraucher in deutschen Haushalten darstellten. In den Berichten werden die Daten für einzelne Jahre angegeben (1991, 1995, 2000, 2005, 2010 ff). Fehlende Jahre wurden durch Interpolationen ergänzt.

¹¹ Gespräch mit Herrn Hofer, Prognos Basel am 21. Juli 2009

Abbildung 3-7 Entwicklung des jährlichen Stromverbrauchs pro Elektro-Großgerät



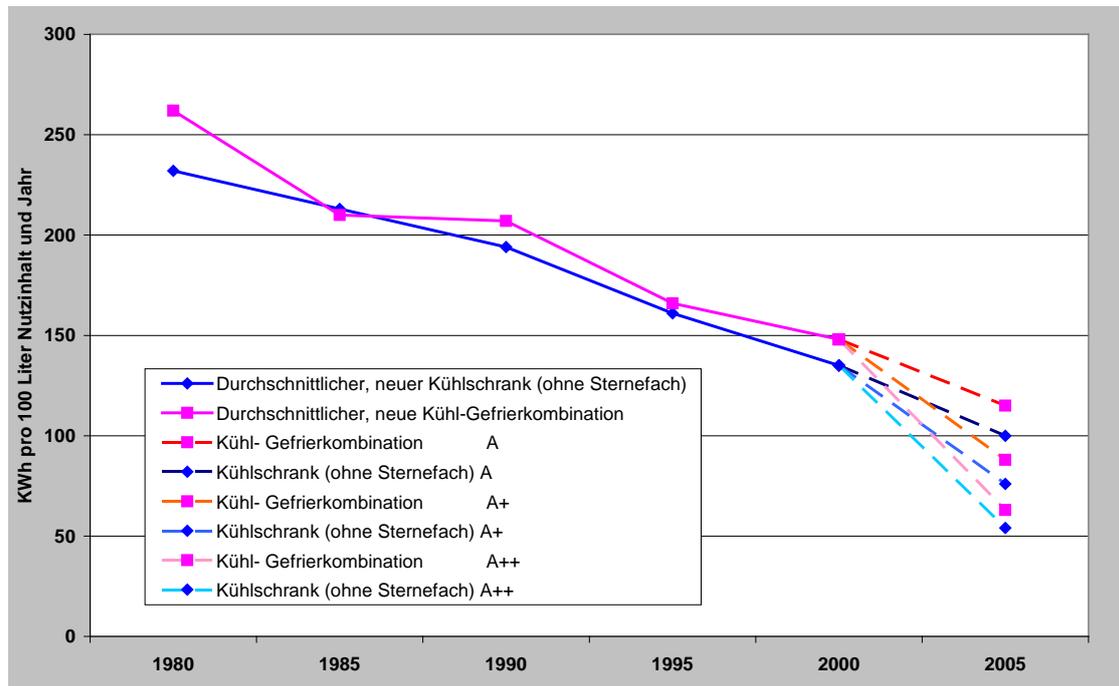
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Gefrier-Gerät	kWh	364	357	350	342	335	328	322	316	311	305	299	294	288	283
Kühlschrank	kWh	309	303	297	291	285	279	274	270	265	261	256	252	248	244
Geschirrspüler	kWh	293	288	283	277	272	267	262	257	252	247	242	238	234	230
Waschmaschine	kWh	270	266	261	257	252	248	243	238	233	228	223	218	213	208
Fernseher	kWh	184	181	178	176	173	170	168	167	165	164	162	165	168	171

Quellen: Prognos 2009, Interpolation fehlender Jahre durch Öko-Institut

Neben einem allgemeinen Trend zu deutlich sinkenden Stromverbräuchen pro Haushaltsgerät ist allein der für die Fernsehgeräte seit dem Jahr 2005 wieder ansteigend, durch generell größere Geräte mit höherem Energieverbrauch.

Die Entwicklung des jährlichen Stromverbrauchs von neuen Kühlschränken und Kühl-Gefrierkombinationen – basierend auf Daten von Bosch und Siemens Hausgeräte (BSH 2005) und CECED (n.d.) und berechneten Werten für die verschiedenen Effizienzklassen im Jahr 2005 (Öko-Institut 2006) – zeigt Abbildung 3-8.

Abbildung 3-8 Entwicklung des jährlichen Stromverbrauchs von neuen Kühlschränken und Kühl-Gefrierkombinationen



Baujahr (Energieeffizienzklasse)	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Durchschnittlicher, neuer Kühlschrank (ohne Sternefach)	232	213	194	161	135	
Kühlschrank (ohne Sternefach) A						100
Kühlschrank (ohne Sternefach) A+						76
Kühlschrank (ohne Sternefach) A++						54
Durchschnittlicher, neue Kühl-Gefrierkombination	262	210	207	166	148	
Kühl- Gefrierkombination A						115
Kühl- Gefrierkombination A+						88
Kühl- Gefrierkombination A++						63

Quelle: Öko-Institut 2006.

Deutlich zu sehen ist auch hier der sinkende Trend, aber insbesondere auch die Möglichkeit der Einflussnahme der Verbraucher auf den Energieverbrauch durch die Auswahl energiesparender Geräte.

3.2.3.3 Wärmeerzeugungssysteme

Angaben zur Wärmeerzeugung und -verteilung des Wohngebäudebestands findet man beim Statistischen Bundesamt auf einer generellen, brennstoffbezogenen Ebene abhängig vom Baujahr, die nur die Unterscheidung zwischen Sammel- und Einzelheizungen zulässt, jedoch keine Angaben über die Effizienz oder die Art der Systeme ermöglicht. Vom Bundesindustrieverband Deutschland, Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) werden jährlich Zahlen der verkauften Wärmeerzeuger veröffentlicht (BDH 2009). Unterschieden werden dort Niedertemperatur- und Brennwertkessel nach Energieträgern sowie Wärmepumpen und Biomasse-Zentralheizungen.

Die Struktur der neu eingebauten Wärmeerzeugersysteme gibt Auskunft über den Anteil von Biomasseanlagen und Wärmepumpen sowie Brennwertkesseln am gesamten

Absatz von Heizsystemen, der vom BDH erfasst wurde. Nach Schätzung des BDH umfasst die Umfrage 90% des Absatzes. Damit sind die prozentualen Angaben zu der Verteilung der eingebauten Heizungssysteme vergleichsweise aussagekräftig und als Zeitreihe von 1998 bis 2008 verfügbar. Die Angaben über die verkauften Wärmeerzeugungssysteme beziehen sich jedoch auf den gesamten (sektorübergreifenden) Absatz, so dass eine Unterteilung in unterschiedliche Sektoren nicht möglich ist. Schwerpunktartig wird jedoch dadurch der Haushaltsbereich charakterisiert.

Eine weitere Quelle ist die jährliche Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV 2008), die eine Übersicht über den Bestand der Heizungsanlagen in Deutschland und insbesondere die Altersverteilung der Anlagen ermöglicht. Berücksichtigt werden dabei alle Anlagen, die wiederkehrend nach der 1.BImSchV zu überwachen sind. Nicht enthalten sind damit Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung zwischen 4 und 11 kW sowie Brennwertfeuerstätten¹². Im Jahr 2008 sind insgesamt 6,1 Millionen Öl- und fast 7,9 Mio. Gasfeuerungsanlagen untersucht worden. Seit 1991 liegen die Daten getrennt nach Öl- und Gasfeuerungsstätten, aufgegliedert nach Nennleistungsbereichen und Alterskategorien vor (ZIV 1991-2008). Mit diesen Daten kann der Abgasverlust der Feuerungen abgeschätzt werden, Dieser beschreibt ausschließlich die Güte der Verbrennung des eingesetzten Heizmaterials, andere wesentliche Verlustquellen (wie Auskühl- und Oberflächenverluste) werden in dieser Erhebung jedoch nicht erfasst. Für diese existiert keine statistische Erfassung .

3.2.3.4 Verbaute Wärmedämmungssysteme

Ein Indikator für die Durchführung von Wärmedämmmaßnahmen an bestehenden und neuen Gebäuden ist neben der Qualität die Menge der Wärmedämmung, die jeweils zur Anwendung kommt. Die Fläche der verbauten Wärmedämmverbundsysteme wird erfasst vom Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme. In der vierteljährlich aktualisierten Statistik über die eingebauten Wärmedämmverbundsysteme, die bis zum Jahr 1980 zurück reicht, wird sowohl die Fachverbandsentwicklung als auch die des Gesamtmarktes dargestellt. Zahlen zur Unterteilung in Alt- und Neubauten wurden durch eine persönliche Email vom 6. März 2009 übermittelt.

Diese Angaben über die verbauten Wärmedämmsysteme gelten für den gesamten Gebäudesektor, die Wohngebäude können nicht separat betrachtet werden. Man kann jedoch annehmen, dass durch die Absatzzahlen insbesondere der Haushaltsbereich charakterisiert wird.

¹² Brennwertfeuerstätten unterliegen bei Gaseinsatz nicht der Messpflicht nach 1.BImSchV, bei Öleinsatz müssen sie hinsichtlich Ruß und Ölderivaten überprüft werden. I

3.2.3.5 Solarthermie

In der jährlichen Veröffentlichung „Erneuerbare Energien in Zahlen“ vom BMU (BMU 2009) sind Zeitreihen veröffentlicht zur Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien.. Die Zahlen für die erzeugte Energie durch Solarthermie und die kumulierte Solarthermie-Fläche können hier berücksichtigt werden mit der schon oben genannten notwendigen Einschränkung, dass eine exakte Unterteilung in Haushalte, GHD und Industrie nicht möglich ist. Die Daten basieren, wie auch die der verbauten Wärmedämmung und der verkauften Wärmeerzeugersysteme, zum Teil auf Verbandsangaben, für die diese Unterteilung nicht von Interesse ist. Es ist jedoch anzunehmen, dass der größte Teil der installierten Solarthermie-Flächen zur Warmwasser-Bereitstellung von Haushalten dient.

3.2.4 Nicht oder nur käuflich verfügbare Zahlen

3.2.4.1 Energetischer Zustand der Gebäudehülle der Bestandsgebäude

Da die Deckung des Raumwärmebedarfs maßgeblich ist für die Höhe des Gesamt-Endenergieverbrauchs der Haushalte, sollte dieser schwerpunktmäßig bei der Betrachtung der Energieeffizienz berücksichtigt werden. Die energetische Qualität der Neubauten ist im Laufe der letzten 60 Jahre kontinuierlich angestiegen (s. co2online et al. 2007, S.22), insbesondere da für Neubauten ständig verbesserte Vorschriften gelten. Dennoch sind 75 % der Gebäude in Deutschland vor 1979 gebaut worden, dem ersten Jahr der ersten Wärmeschutzverordnung (co2online et al. 2007). Dem entsprechend ist das Sanierungspotenzial im Gebäudebestand sehr hoch. Die entscheidende Größe zur Quantifizierung des Sanierungspotenzials ist der energetische Zustand der Bestandsgebäude, also der tatsächliche Wärmebedarf. Leider existieren derzeit keine belastbaren, statistisch erhobenen Zeitreihen zum energetischen Zustand der Gebäude in Deutschland, ebenso wenig zu Sanierungsraten und zur Sanierungseffizienz. In zahlreichen Quellen (co2online et al. 2007; ages GmbH 2008, techem 2003) werden verschiedene Daten zum momentanen Gebäudebestand, zu angenommenen Sanierungsraten und zum Heiz- oder Endenergieverbrauch veröffentlicht, jedoch lassen sich mit diesen Aussagen keine belastbaren Verläufe generieren, die hier erforderlich sind. Da jeweils Momentaufnahmen erhoben werden, die auf verschiedenen Annahmen und Auswahlkriterien basieren, ist eine Vergleichbarkeit nicht gegeben. Beispielsweise wird in den techem-Studien „Energie Kennwerte“ regelmäßig die Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme analysiert, allerdings nur von ausgewählten (ca. 450.000) zentral beheizten Mehrfamilienhäusern, die entweder nur mit Heizöl, nur mit Erdgas oder nur mit Fernwärme versorgt werden (techem 2003). Diese Daten lassen sich nicht auf den gesamten Gebäudebestand übertragen.

Seit dem Jahr 2008 sind Energieausweise stufenweise verbindlich eingeführt worden. Diese Bedarfs- und Verbrauchsausweise könnten, bei entsprechender Aufbereitung, sowohl wertvolle Daten zum Energiebedarf bzw. –verbrauch des Gebäudebestands, als auch zu den energetisch sinnvollen Sanierungsmaßnahmen liefern. Das IWU (Insti-

tut Wohnen und Umwelt) führt bis zum September 2010 eine deutschlandweite Befragung von Gebäudeeigentümern durch, um Aussagen über aktuelle Modernisierungstrends zu eruieren und mit statistischen Daten unterlegen zu können. Dazu werden getrennt nach Altersklassen und Regionen etwa 10.000 Gebäude detailliert hinsichtlich ihres energetischen Zustands und der letzten Modernisierung erfasst, wodurch eine Momentaufnahme des Gebäudebestands für das Jahr 2009 entsteht. Auch die Heizanlagen werden dabei berücksichtigt, um Zusammenhänge zwischen diesen und dem energetischen Zustand des Gebäudes erkennbar zu machen¹³.

3.2.4.2 Verkaufszahlen von Haushaltsgroßgeräten

Im Bereich der Haushaltsgroßgeräte wäre eine Zeitreihe der durchschnittlichen Stromverbräuche von Neugeräten für die Bildung eines Indikators wünschenswert. Zeitreihen von Absatzzahlen und Durchschnittspreisen von Neugeräten werden von der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) erhoben und können käuflich erworben werden. Für sieben Gerätekategorien werden von der GfK Zeitreihen ab dem Jahr 2000 untergliedert nach der Energieeffizienzkennzeichnung angeboten. Mit diesen Zahlen lässt sich z.B. darstellen, wie der Anteil von z.B. Waschmaschinen der Energieeffizienzklasse A am Gesamtabsatz von Waschmaschinen im Laufe der Jahre zunimmt und damit der durchschnittliche Verbrauch des Bestands kontinuierlich sinkt.¹⁴

Für den vorliegenden Bericht und die Broschüre konnten mit freundlicher Erlaubnis der GfK Daten für die Erstellung einer Grafik zu den Anteilen der Energieeffizienz-Kategorien der verkauften Kühl- Gefrierkombinationen¹⁵ verwendet werden. Die Daten stellen die Verkaufszahlen des Jahres 2008 von sieben Herstellern dar, die knapp 90 % des Gesamtabsatzes in Deutschland abdecken.

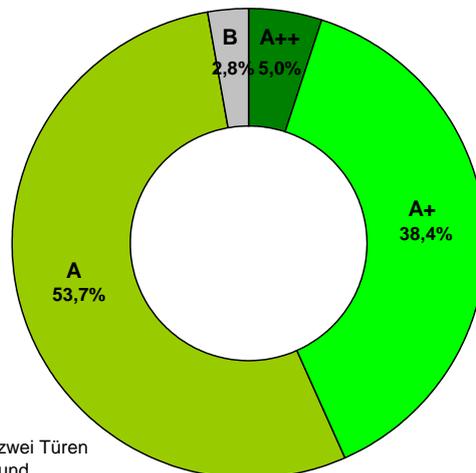
¹³ <http://www.iwu.de/forschung/energie/laufend/datenbasis-gebaeudebestand/>

¹⁴ Persönliche Kommunikation am 30.4.2009 mit Herrn Meyer (torsten.meyer@gfk.com).

¹⁵ Dabei handelt es sich um zweitürige Kühl- Gefrierkombinationen mit Gefrierteil oben oder unten sowie Side-by-Side Geräte.

Abbildung 3-9 Anteile der Energieeffizienz-Kategorien verkaufter Kühl- / Gefrierkombinationen im Jahr 2008

Verkaufte Kühl-/Gefrierkombinationen* nach Energieeffizienzklassen im Jahr 2008



* Kühl-/Gefrierkombinationen mit zwei Türen und Gefrierfach oben oder unten und Side-by-Side-Geräte

Quelle: GfK 2009, unveröffentlicht

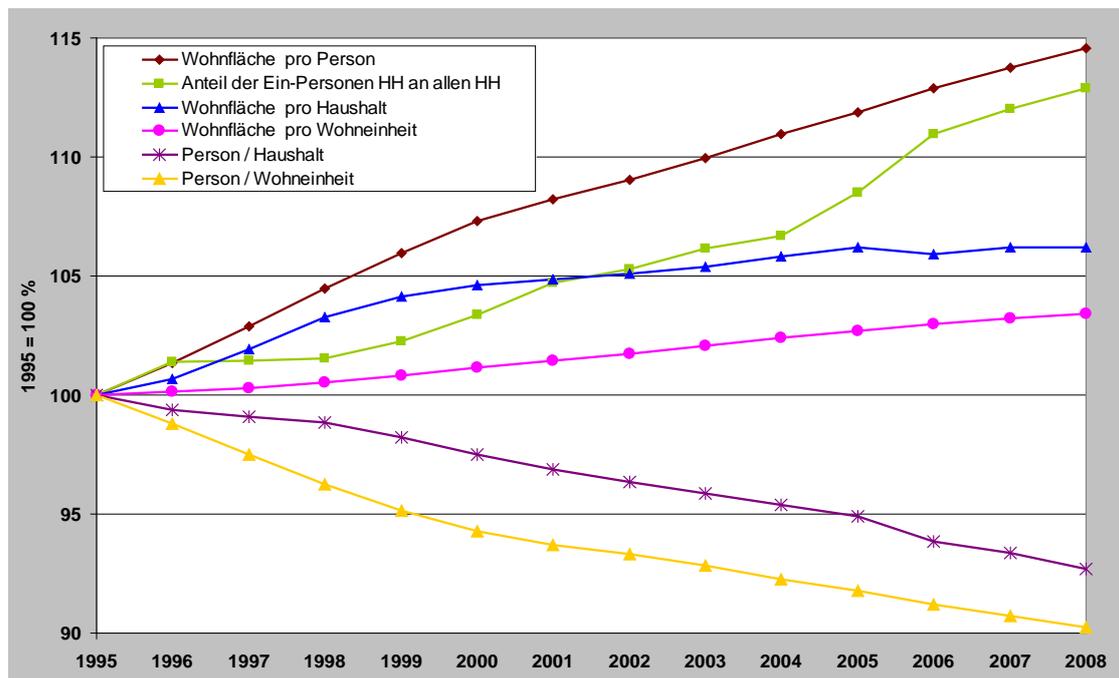
Etwas mehr als die Hälfte der im Jahr 2008 verkauften Kühl-/Gefrierkombinationen hatten die Energieeffizienzklasse A, knapp 40 % A+. Geräte der Energieeffizienzklasse A++ hatten einen Anteil von 5,0 %. Im Vergleich zu A-Geräten verbrauchen A++-Geräte durchschnittlich etwa 40 % weniger Strom, der Stromverbrauch von A+-Geräten ist etwa um 20 % niedriger als von A-Geräten. Deutlich ist hier zu erkennen, dass derzeit das Potenzial der Energieeinsparung beim Kauf neuer Geräte bei Weitem nicht so genutzt wird, wie es möglich wäre.

3.3 Indikatoren

3.3.1 Bevölkerungs- und gebäudebezogene Größen

Die Abbildung 3-10 beinhaltet eine Verknüpfung der bevölkerungs- und gebäudebezogenen Einflussgrößen. Deutlich ist eine erhöhte Inanspruchnahme von Wohnfläche pro Person zu erkennen, die einen entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch der Haushalte hat. Die Wohnfläche pro Haushalt ist weniger stark angestiegen, die Entwicklung korrespondiert dabei aber deutlich mit der Entwicklung des Anteils der Einpersonenhaushalte an der Gesamtzahl der Haushalte. Einen genau umgekehrten Verlauf zeigt die Anzahl der Personen pro Haushalt, noch stärker sinkt jedoch die durchschnittliche Anzahl der Personen pro Wohneinheit. Der Anteil der Einfamilienhäuser an der gesamten Anzahl der Wohngebäude ist leicht gestiegen (hier nicht grafisch dargestellt, siehe Tabelle unter Abbildung 3-4).

Abbildung 3-10 Entwicklung der grundlegenden Einflussgrößen im Haushaltssektor



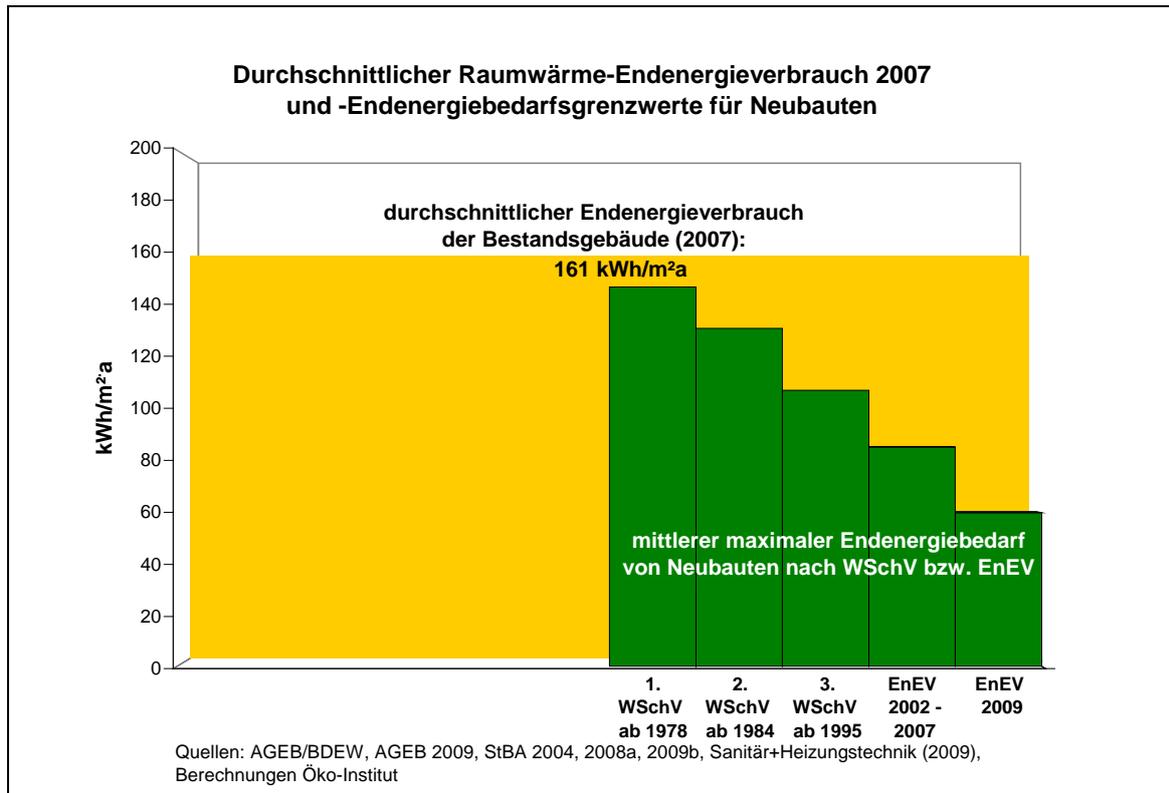
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Wohnfläche pro Person	m ² / pop	35	36	36	37	38	38	38	39	39	39	40	40	40	41
Anteil der Ein-Personen HH an allen HH	%	35	35	35	35	36	36	37	37	37	37	38	39	39	39
Wohnfläche pro Haushalt	m ² /HH	78	79	80	81	82	82	82	82	83	83	83	83	83	83
Wohnfläche pro Wohneinheit	m ² /WE	88	88	88	88	88	89	89	89	89	90	90	90	90	91
Person / Wohneinheit	pop/WE	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2
Person / Haushalt	pop/HH	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0

Quellen: StBA 2004+2008a+k+2009a+d+g+h; Berechnung bewohnter Wohnflächen und Wohneinheiten sowie Indikatorenbildung: Öko-Institut

3.3.2 Spezifischer Endenergieverbrauch der Haushalte nach Anwendungsbereichen

Für den durchschnittlichen Raumwärme-Endenergiebedarf von Gebäuden in Deutschland liegen keine statistisch erhobenen Zeitreihen vor (siehe dazu 3.2.4.1). Einen Überblick über die Entwicklung des Wärmebedarfs ermöglicht die vergleichende Darstellung der Anforderungen der Wärmeschutzverordnungen bzw. der Energieeinsparverordnungen (Abbildung 3-11). Diese Grafik gibt jedoch nur Aufschluss über die Anforderungen für Neubauten seit dem Jahr 1978, also für rund 25 % des Gebäudebestands.

Abbildung 3-11 Jahresbezogener Endenergieverbrauch und -bedarf für Raumwärme



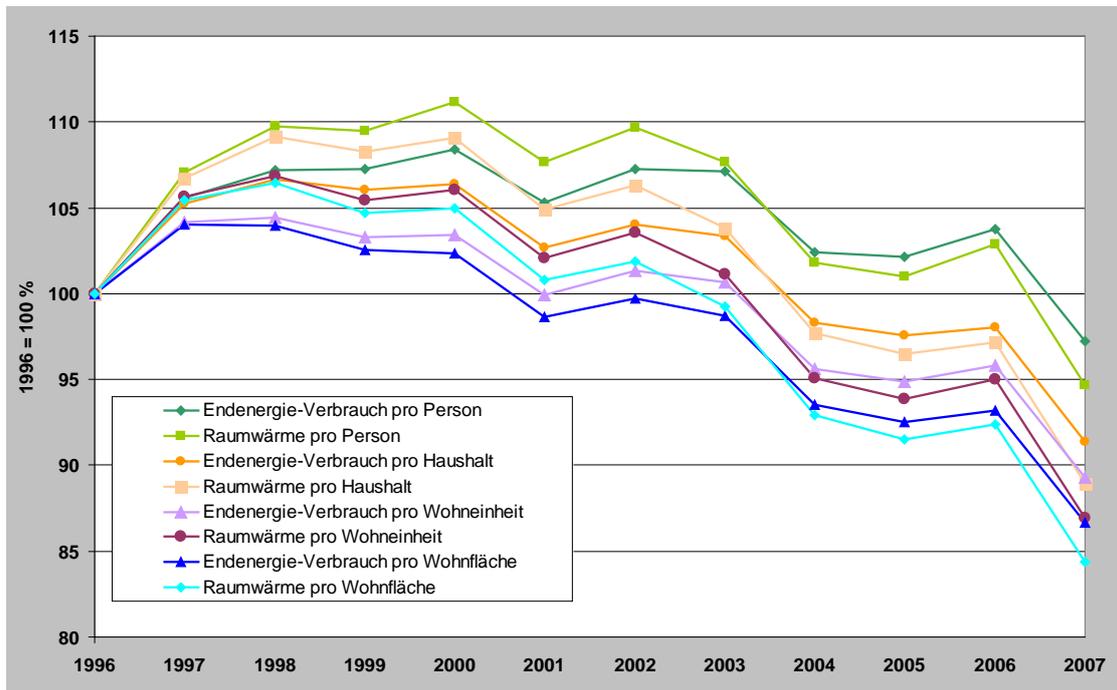
Quellen: AGEb/BDEW 1997-2007, AGEb 2009, StBA 2004, 2008a, 2009h; Sanitär+Heizungstechnik 10/2009

Der durchschnittliche Endenergieverbrauch der Bestandsgebäude ergibt sich dabei als Mittelwert aus den an die Energiebilanzen angepassten, temperaturbereinigten Anwendungsbilanzen und den Netto-Wohnflächen. Der Vergleich mit dem Energiebedarf der Neubauten soll hier nur qualitativ verstanden werden. Üblicherweise liegt der (gemessene) Energieverbrauch über dem (berechneten) Energiebedarf nach der früheren Wärmeschutzverordnung (WSchV) bzw. der derzeit geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV). Der Endenergiebedarf wird nicht in der Energieeinsparverordnung vorgegeben, lässt sich jedoch vom maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf nach EnEV ableiten. Der derzeitige durchschnittliche Heizwärme-Endenergieverbrauch der bestehenden Wohngebäude ist fast dreimal so hoch wie die EnEV 2009 als mittleren maximalen Endenergiebedarf für Neubauten vorschreibt. Eine vollständige Modernisierung des Gebäudebestands auf das Niveau der EnEV 2009 würde damit eine Reduktion des Endenergieverbrauchs für Raumwärmezwecke um etwa 60 % bedeuten. Grundsätzlich bestehen die technischen und baulichen Möglichkeiten für noch größere Reduktionen des Energieverbrauchs bestehender Gebäude, aber auch für Neubauten. Der Heizwärmebedarf sogenannter Passivhäuser liegt beispielsweise bei maximal 15 kWh pro m² und Jahr.

Effizienzindikatoren zum Energieverbrauch in Deutschland können im Haushaltsbereich nur über aggregierte Daten gebildet werden, unter Verwendung der Wohnflächen,

der Haushalte, der bewohnten Wohneinheiten und der Wohnbevölkerung. Dabei ist es durch den großen Anteil der Raumwärme am Gesamtenergiebedarf unerheblich für die Darstellung der Indikatoren, ob der gesamte oder der Raumwärmeenergiebedarf verwendet wird, wie an den nahezu parallelen Verläufen in Abbildung 3-12 ersichtlich ist. Auch wird anschaulich erkennbar, dass alle vier untersuchten Einflussgrößen ähnliche Verläufe bei der spezifischen Betrachtung ergeben, was in ihrem gleichen kontinuierlichen, wenn auch unterschiedlich starken Anstieg über die Jahre begründet ist (siehe Abbildung 3-4). In den ersten Jahren ist ein Anstieg der spezifischen Verbräuche zu verzeichnen, der danach deutlich abfällt. Den stärksten Anstieg zeigt dabei der personenbezogene Endenergieverbrauch für die Raumwärme, der nach einem Anstieg um 12 % von 1996 bis 2000 bis zum Jahr 2007 um etwa 5 % unter den Wert von 1996 sinkt. Das besonders starke Absinken zwischen den letzten beiden Jahren beruht auf dem schon in Kapitel 3.2.1 erwähnten deutlichen Einbruch des Heizölverbrauchs im Jahr 2007.

Abbildung 3-12 Vergleich der Indikatoren bezogen auf Gesamt-Endenergiebedarf und Endenergieverbrauch für Raumwärme (jeweils temperaturbereinigt)

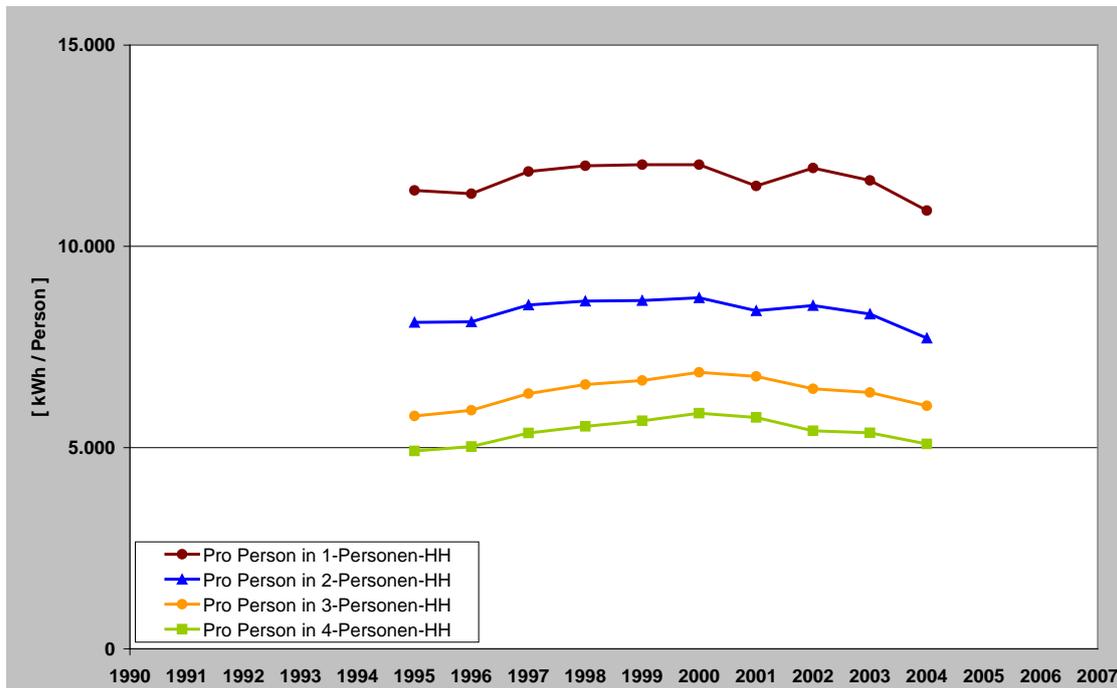


		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Endenergie-Verbrauch pro Person	MWh/p op	9,0	9,5	9,7	9,7	9,8	9,5	9,7	9,7	9,2	9,2	9,4	8,8
Raumwärme pro Person	MWh/p op	6,9	7,3	7,5	7,5	7,6	7,4	7,5	7,4	7,0	6,9	7,1	6,5
Endenergie-Verbrauch pro Haushalt	MWh/HH	19,8	20,8	21,1	21,0	21,1	20,3	20,6	20,5	19,5	19,3	19,4	18,1
Raumwärme pro Haushalt	MWh/HH	15,1	16,1	16,5	16,3	16,4	15,8	16,0	15,7	14,7	14,5	14,7	13,4
Endenergie-Verbrauch pro Wohneinheit	MWh/WE	22,0	22,9	23,0	22,7	22,8	22,0	22,3	22,1	21,0	20,9	21,1	19,6
Raumwärme pro Wohneinheit	MWh/WE	16,8	17,7	17,9	17,7	17,8	17,1	17,3	16,9	15,9	15,7	15,9	14,6
Endenergie-Verbrauch pro Wohnfläche	kWh/m ²	251	261	261	257	257	247	250	248	235	232	234	217
Raumwärme pro Wohnfläche	kWh/m ²	191	201	203	200	201	192	195	190	178	175	177	161

Quellen: AGEB/BDEW 1996-2007, AGEB 2009, StBA 2004+2008a+k+2009a+d+h+g, Anpassung an die Energiebilanz, Temperaturbereinigung, Berechnung der bewohnten Flächen und Wohnungen, Indexbildung: Öko-Institut

In Hinblick auf die deutliche Abnahme an durchschnittlichen Haushaltsmitgliedern ist eine Untersuchung der spezifischen Energieverbräuche pro Haushaltsmitglied - aufgliedert nach Haushaltsgröße interessant. In den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen des StBA (2006) sind Daten von 1995 bis 2004 aufgeführt über den durchschnittlichen Endenergieverbrauch pro Haushalt nach Haushaltsgrößen. In den folgenden Diagrammen und Tabellen sind diese Daten pro Person dargestellt.

Abbildung 3-13 Endenergieverbrauch für Raumwärme pro Person nach Haushaltsgröße (temperaturbereinigt)

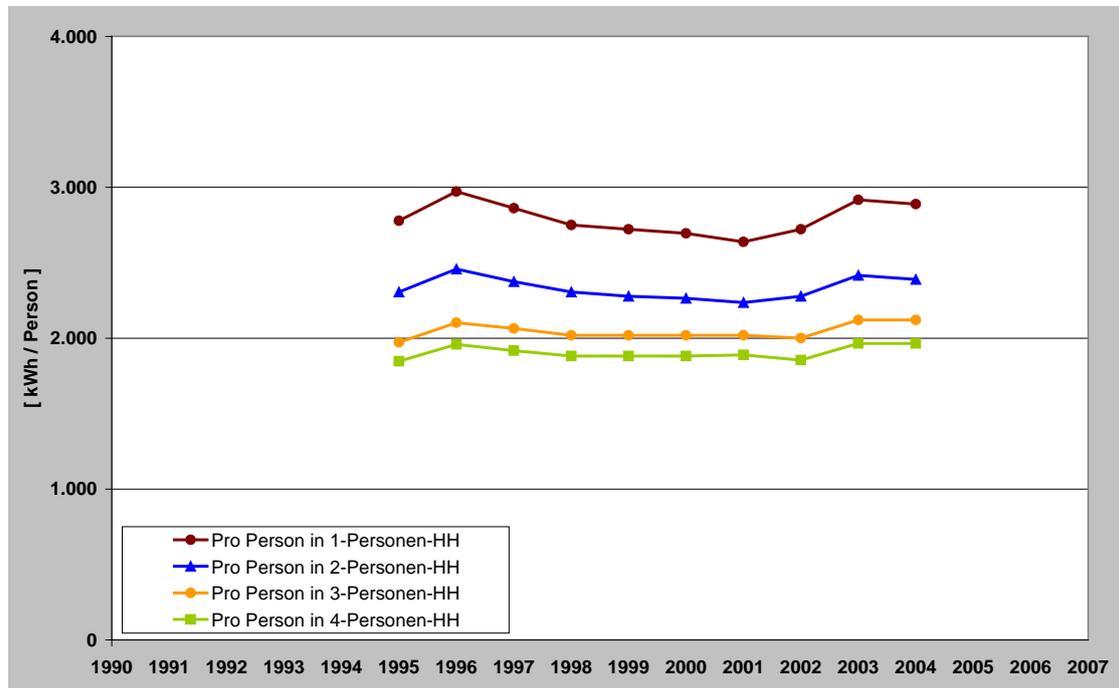


		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Pro Person in 1-Personen-HH	MWh/Kopf	11,39	11,31	11,86	12,00	12,03	12,03	11,50	11,94	11,64	10,89
Pro Person in 2-Personen-HH	MWh/Kopf	8,11	8,13	8,54	8,64	8,65	8,72	8,40	8,53	8,32	7,72
Pro Person in 3-Personen-HH	MWh/Kopf	5,79	5,93	6,34	6,56	6,67	6,87	6,77	6,46	6,37	6,04
Pro Person in 4-Personen-HH	MWh/Kopf	4,92	5,03	5,36	5,53	5,67	5,85	5,75	5,42	5,37	5,09

Quelle: StBA 2006, Indikatorenbildung durch Öko-Institut.

Deutlich zu erkennen ist der erheblich geringere Endenergieverbrauch für Raumwärme pro Person bei zunehmender Haushaltsgröße, der jeweils nach einem leichten Anstieg nahezu wieder auf das Niveau von 1995 zurück gefallen ist. Eine Person in einem Ein-Personen-Haushalt verbraucht etwa doppelt so viel Heizwärme wie eine Person in einem Drei-Personen-Haushalt.

Abbildung 3-14 Endenergieverbrauch für Warmwasser, Kochen, elektrische Geräte und Beleuchtung pro Person nach Haushaltsgröße



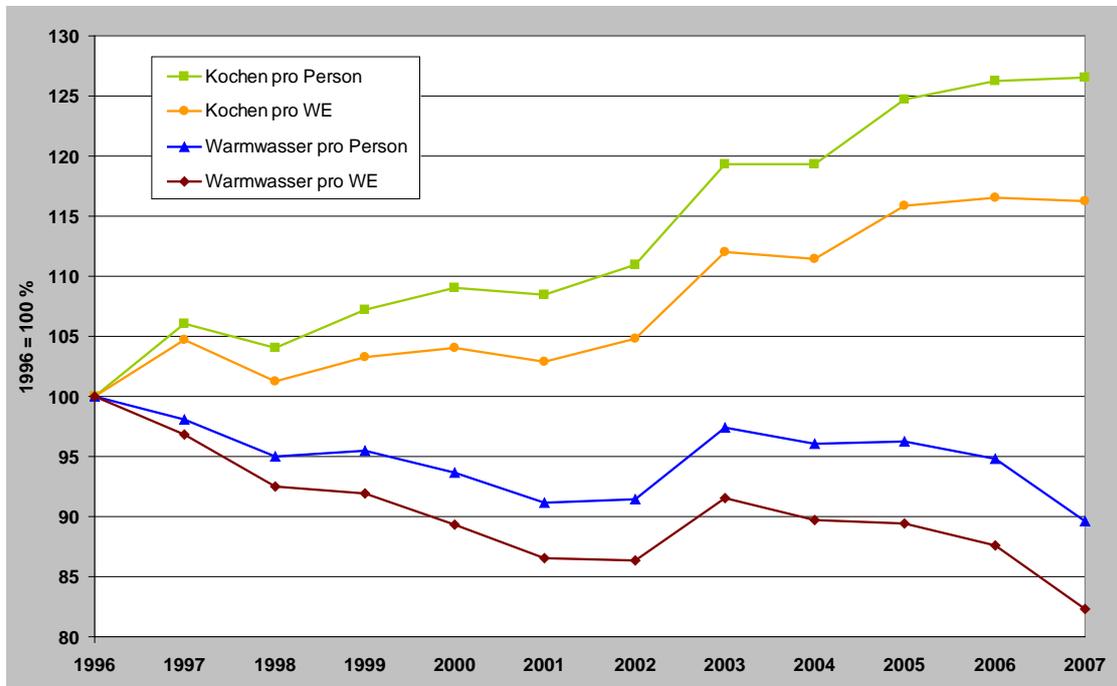
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Pro Person in 1-Personen-HH	MWh/Kopf	2,78	2,97	2,86	2,75	2,72	2,69	2,64	2,72	2,92	2,89
Pro Person in 2-Personen-HH	MWh/Kopf	2,31	2,46	2,38	2,31	2,28	2,26	2,24	2,28	2,42	2,39
Pro Person in 3-Personen-HH	MWh/Kopf	1,97	2,10	2,06	2,02	2,02	2,02	2,02	2,00	2,12	2,12
Pro Person in 4-Personen-HH	MWh/Kopf	1,85	1,96	1,92	1,88	1,88	1,88	1,89	1,85	1,97	1,97

Quelle: StBA 2006, Indikatorenbildung durch Öko-Institut.

Eine Person in einem 2-Personen Haushalt verbraucht durchschnittlich nur 72 % der Endenergie für Raumwärme eines Ein-Personen-Haushaltes und 74 % der Endenergie für die anderen Anwendungszwecke. Besonders letzteres ist überraschend, da z.B. der Endenergiebedarf für die Erwärmung des Brauchwassers proportional mit der Personenzahl steigt. Der Energiebedarf für den Betrieb der Elektrogroßgeräte, für die Wassererwärmung bei Waschmaschinen und Spülmaschinen sowie für Beleuchtung und das Kochen kann sich pro Person jedoch nahezu halbieren (s. dazu auch Bürger 2009).

In der folgenden Abbildung werden die spezifischen Energieverbräuche aller anderen Anwendungsbereiche (außer Raumwärme) dargestellt.

Abbildung 3-15 Entwicklung der spezifischen Energieverbräuche für Warmwasserbereitung und Kochen



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Kochen pro Person	MWh/p op	0,33	0,35	0,34	0,35	0,36	0,35	0,36	0,39	0,39	0,41	0,41	0,41
Kochen pro WE	MWh/WE	0,80	0,84	0,81	0,82	0,83	0,82	0,84	0,90	0,89	0,93	0,93	0,93
Warmwasser pro Person	MWh/p op	1,07	1,05	1,02	1,03	1,01	0,98	0,98	1,05	1,03	1,03	1,02	0,96
Warmwasser pro WE	MWh/WE	2,62	2,54	2,43	2,41	2,34	2,27	2,26	2,40	2,35	2,35	2,30	2,16

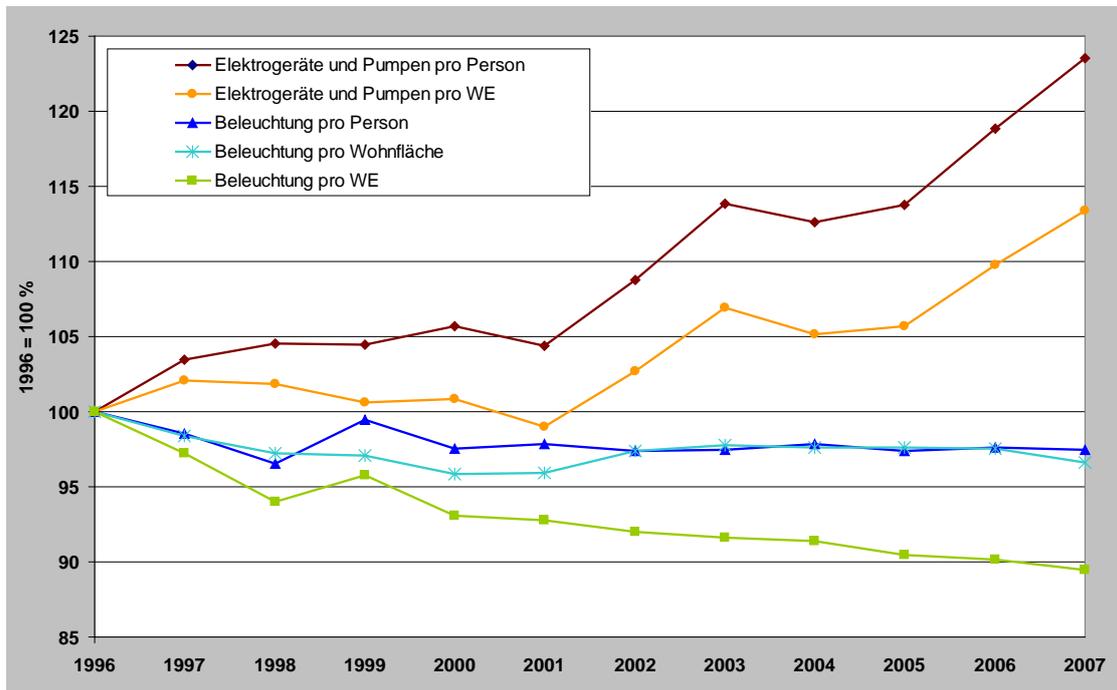
Quellen: AGEb/BDEW 1996-2007, AGEb 2009, StBA 2004+2008a+k+2009a+h, Anpassung an die Energiebilanz, Berechnung bewohnter Wohneinheiten, -flächen und Indexbildung durch Öko-Institut.

Der Trend ist eindeutig: Der Endenergieverbrauch pro Person bzw. pro Wohneinheit stieg für das Kochen in den letzten Jahren stark an, da die Anzahl von Ein-Personen-Haushalten sowie die Wohnflächen pro Person deutlich gestiegen sind. Dagegen sinkt der Endenergieverbrauch pro Person für die Warmwasserbereitung, was sicherlich auf eine effizientere Warmwassererzeugung, sparsamere Wasserarmaturen und ggf. einem bewussteren Umgang mit Energie zurückzuführen ist. Erhebliche Sprünge wie z. B. zwischen den Jahren 2002 und 2003 beim Kochen beruhen auf den Daten der Anwendungsbilanz. Dort ist zwischen dem Jahr 2002 und 2003 ein Anstieg des Energieverbrauchs für das Kochen um 8 % zu verzeichnen (etwas schwächer ist der Sprung bei der Warmwassererzeugung), der durch die Anpassung auf die Energiebi-

lanz um einen Prozentpunkt gemildert wird. Hierbei handelt es sich wahrscheinlich um eine Änderung der Methodik bei der Erstellung der Anwendungsbilanzen, denn der dort ausgewiesene Gasverbrauch für das Kochen steigt im Jahr 2003 von 11 auf 16 PJ. Wie in Kapitel 3.2.1 ausgeführt, sollten einzelnen Bewegungen zwischen den Jahren generell keine zu große Bedeutung zugemessen werden und eher der Trend des Verlaufs im Vordergrund der Betrachtung stehen.

Ähnlich unterschiedliche Trendentwicklungen lassen sich bei der Betrachtung des spezifischen Energieverbrauchs für Elektrogeräte und Pumpen sowie Beleuchtung beobachten (siehe Abbildung 3-16). Während der Trend des Endenergieverbrauchs für Elektrogeräte und Pumpen pro Person stärker ansteigt, ist er im Bereich der Beleuchtung flacher und nahezu konstant. Im Bereich der Elektrogeräte und Pumpen zeigt sich erneut der Einfluss des Trends zu kleineren Haushalten, der mit einem Mehrverbrauch an mechanischer Energie (wie z.B. für den Betrieb von Kühlschränken) einhergeht. Eindeutig zu erkennen ist der abnehmende Trend des Energieverbrauchs für die Beleuchtung pro Wohneinheit durch die zunehmende Anzahl der Wohnungen. Dieser Trend ist erheblich schwächer, wenn der Energieverbrauch für die Beleuchtung pro Wohnfläche betrachtet wird.

Abbildung 3-16 Entwicklung der spezifischen Endenergieverbräuche für Elektrogeräte und Pumpen sowie Beleuchtung



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Elektrogeräte und Pumpen pro Person	kWh/p op	607	628	634	634	641	633	660	691	683	690	721	749
Elektrogeräte und Pumpen pro WE	kWh/WE	1481	1512	1508	1490	1493	1466	1521	1584	1557	1565	1625	1680
Beleuchtung pro Person	kWh/p op	142	140	137	141	138	139	138	138	139	138	138	138
Beleuchtung pro Wohnfläche	kWh/m ²	44	44	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
Beleuchtung pro WE	kWh/WE	346	336	325	331	322	321	318	316	316	313	312	309

Quellen: AGE B/BDEW 1996-2007, AGE B 2009, StBA 2004+2008a+k+2009a+h, Anpassung an die Energiebilanz, Berechnung bewohnter Wohneinheiten, -flächen und Indexbildung durch Öko-Institut

In den letzten drei Abbildungen (Abbildung 3-14 bis Abbildung 3-16) werden zum Teil verschiedene Bezugsgrößen miteinander verglichen. Der Bezug auf die Wohnbevölkerung verdeutlicht am stärksten die Entwicklung des Endenergieverbrauchs, da diese Größe den geringsten eigenen Trend aufweist. Nachteilig ist die völlige Bewertungsfreiheit, die hingegen einen Bezug auf die Anzahl der Wohnungen ermöglicht. Der Bezug auf die Wohnfläche wird für die Beschreibung dieser Größen nicht weiter betrachtet, da diese höchstens für die Beleuchtung von Bedeutung wäre.

Die unterschiedliche Aussagekraft der Bezüge lässt sich am besten am Beispiel des Warmwasserbedarfs erläutern (siehe Abbildung 3-15): Bei der Betrachtung nach Wohneinheiten ist ein sehr deutlicher Abwärtstrend zu verzeichnen, der im direkten Bezug zum Trend nach einer geringeren Anzahl an Bewohnern pro Wohneinheit steht.

Hier ist offensichtlich der Bezug auf die Wohnbevölkerung zielführender (siehe Definition in Kapitel 3.2.2). Der Trend dieses Index ist deutlich flacher.

Genau anders herum verhält es sich im Bereich der Prozesswärme, die bei den Haushalten ausschließlich das Kochen beinhaltet. Hier ist der Trend im Bezug auf die Wohnbevölkerung steiler als der im Bezug auf die Wohneinheiten. Der starke Anstieg bei dem Bezug auf die Personen deckt sich mit den Ergebnissen aus Abbildung 3-14, in der gezeigt werden konnte, dass bei geringerer Haushaltsgröße mehr Energie für andere Anwendungszwecke (incl. Kochen) benötigt wird. Mit dem Trend zu kleineren Haushaltsgrößen aus Abbildung 3-10 ergibt das einen Anstieg des Energieverbrauchs für das Kochen pro Person.

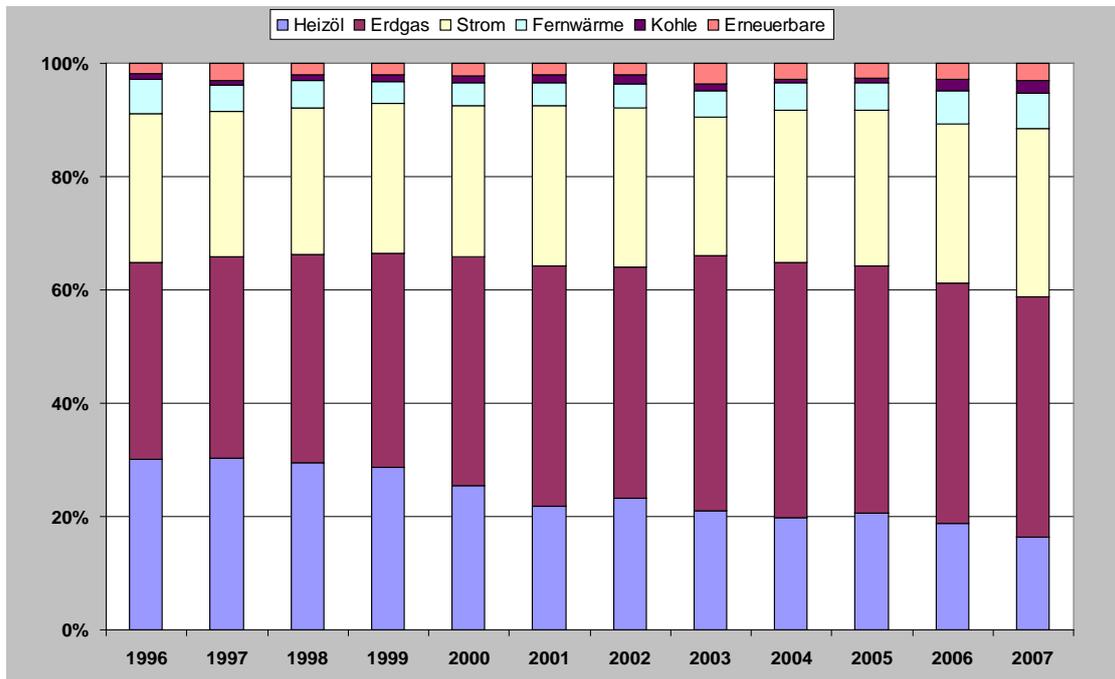
Somit lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Der Endenergieeinsatz für die Deckung des Warmwasserbedarfs sollte in Bezug auf die Wohnbevölkerung betrachtet werden, um den tatsächlich gesunkenen Verbrauch an Energie zur Warmwasserbereitstellung zu verdeutlichen.
- Die Energieverbräuche für Kochen sowie Elektrogeräte und Pumpen lassen sich sinnvoll für beide Bezüge (Wohneinheiten und Bevölkerung) erläutern.
- Für die Beleuchtung ist eine Darstellung im Bezug auf die Wohneinheiten sinnvoll, um einen spezifisch sinkenden Trend zu verdeutlichen. Pro Wohnung wird damit eindeutig weniger Energie für die Beleuchtung verwendet, was einen direkten Hinweis auf entweder einen bewussteren Umgang mit der Beleuchtung und / oder auf die Verwendung von effizienteren Leuchtmitteln zulässt.

3.3.3 Energieträger für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser

In Abbildung 3-2 wurde die Energieträger-Struktur im Bereich der Raumwärme bereits dargestellt, in der folgenden ist zum Vergleich auch die der Warmwasser-Bereitstellung verdeutlicht. Hauptenergieträger sind Heizöl, Erdgas und Strom, mit zusammen rund 90 % und im Jahr 1996 relativ gleich verteilt. Die Verwendung von Heizöl ist jedoch im betrachteten Zeitraum um etwa die Hälfte gesunken, Erdgas und Strom wurden dafür verstärkt eingesetzt. Der Anteil von Erneuerbaren Energien hat sich (wenn auch auf niedrigem Niveau) auf 3 % im Jahr 2007 nahezu verdoppelt.

Abbildung 3-17 Verlauf der Energieträgeranteile beim Endenergieverbrauch für Warmwasser



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gesamt	TWh	88	86	84	84	83	81	81	86	85	85	84	79
Heizöl (leicht)	TWh	26	26	25	24	21	18	19	18	17	18	16	13
Erdgas	TWh	31	31	31	32	33	34	33	39	38	37	36	34
Strom	TWh	23	22	22	22	22	23	23	21	23	24	24	24
Fernwärme	TWh	5,3	4,1	4,0	3,3	3,4	3,2	3,4	3,9	4,2	4,1	4,8	4,9
Kohle	TWh	0,9	0,7	0,9	0,9	1,1	1,1	1,3	1,0	0,5	0,6	1,7	1,8
Sonstige inkl. Erneuerbare	TWh	1,5	2,6	1,7	1,7	1,8	1,7	1,7	3,2	2,4	2,2	2,4	2,4
Heizöl (leicht)	%	30	30	29	29	26	22	23	21	20	21	19	16
Erdgas	%	35	36	37	38	40	42	41	45	45	44	42	42
Strom	%	26	26	26	26	26	28	28	25	27	28	28	30
Fernwärme	%	6,0	4,7	4,8	3,9	4,1	4,0	4,2	4,6	4,9	4,8	5,7	6,2
Kohle	%	1,1	0,8	1,0	1,1	1,4	1,4	1,6	1,2	0,6	0,8	2,0	2,3
Sonstige inkl. Erneuerbare	%	1,7	3,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	3,7	2,8	2,6	2,9	3,0

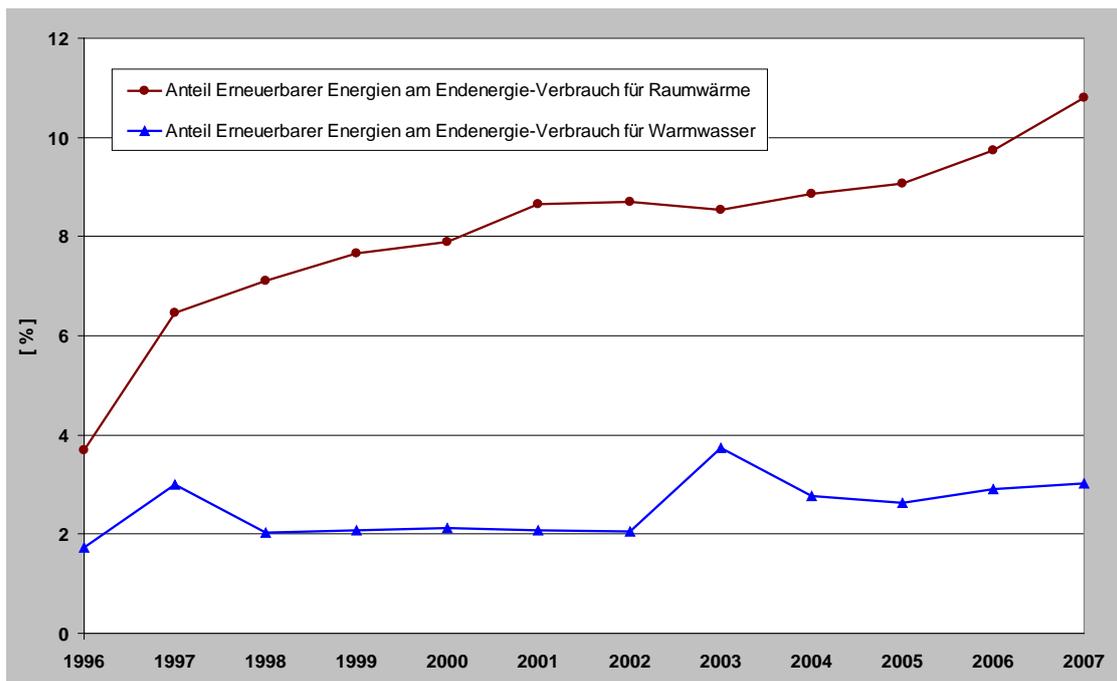
Quelle: Daten: AGEb/BDEW 1996-2007, AGEb 2009, Anpassung an Energiebilanz und Temperaturkorrektur: Öko-Institut

Im Jahr 2003 ist eine deutliche „Spitze“ des Endenergieverbrauchs für Warmwasser zu verzeichnen (siehe Abbildung 3-1). Vom Jahr 2002 auf das Jahr 2003 stieg der Endenergieverbrauch für die Warmwasserbereitstellung laut Anwendungsbilanz um 7 % an, zusammen mit einer offensichtlich geänderten Aufteilung der Energieträger: Hin zu einem größeren Erdgas- und Erneuerbaren Energien-Anteil, verbunden mit einer deutlichen Verringerung beim Stromverbrauch zur Warmwasserbereitung. Der Anteil Erneuerbarer Energien zeigt hingegen im Bereich der Raumwärme einen leichten Ein-

bruch im Jahr 2003: nach einem stetigen Anstieg bis 2002 von 3,7 auf 8,7 % sank er im Jahr 2003 auf 8,5 %, um von da an wieder stetig zu steigen (siehe Abbildung 3-18).

Nach Rücksprache mit Herrn Nickel vom BDEW fällt dieser Bruch im Jahr 2003 mit der Umstellung auf das neue Energiestatistikgesetz zusammen und ist damit vor allem als Statistikeffekt zu werten. Darüber hinaus handelte es sich um ein sehr warmes und sonnenscheinreiches Jahr. Letzterer Einfluss erscheint jedoch eher nachrangig.

Abbildung 3-18 Anteil Erneuerbarer Energien an der Raumwärme- und Warmwassererzeugung



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Anteil Erneuerbarer Energien am Endenergie-Verbrauch für Raumwärme	%	3,7	6,5	7,1	7,7	7,9	8,6	8,7	8,5	8,9	9,1	9,7	10,8
Anteil Erneuerbarer Energien am Endenergie-Verbrauch für Warmwasser	%	1,7	3,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	3,7	2,8	2,6	2,9	3,0

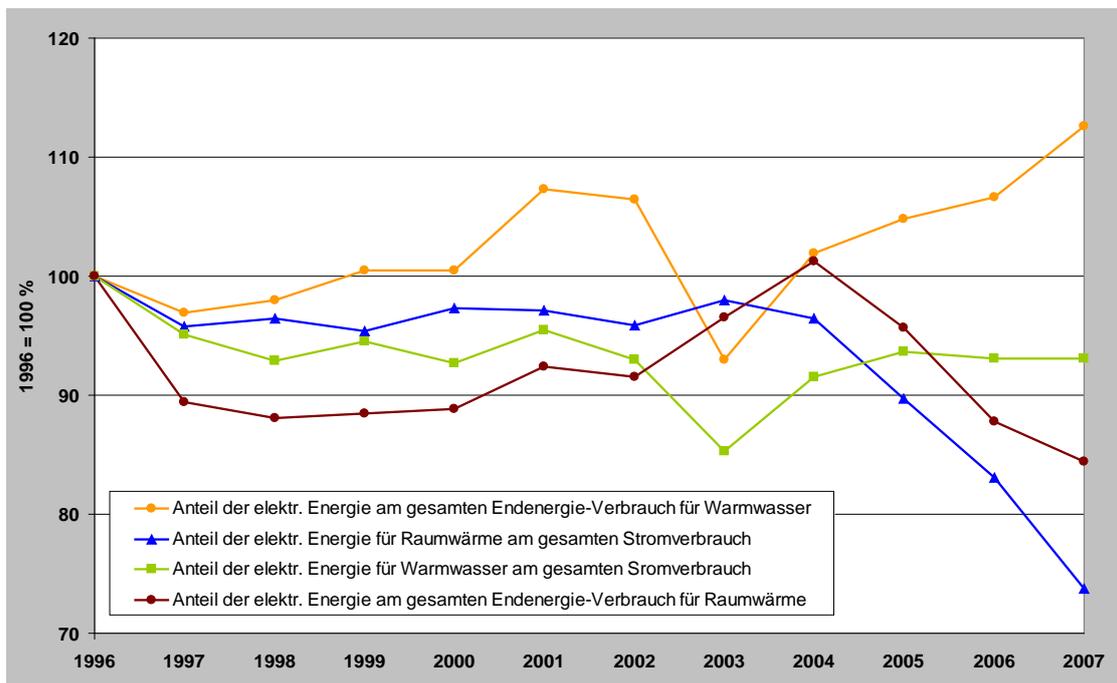
Quellen: AGEB/BDEW 1996-2007, AGEB 2009, Anpassung an die Energiebilanz, Temperaturbereinigung, Indexbildung durch Öko-Institut

Die zur Warmwasserbereitstellung verwendete Endenergie ist grundsätzlich nur sehr schwer statistisch zu erfassen. Warmwasser wird entweder zusammen mit der Raumwärme bereit, getrennt durch (meist elektrische) Aufheizung oder mit Hilfe von solarthermischen Anlagen. Alle drei Varianten ermöglichen kaum eine Abgrenzung von anderen Anwendungszwecken. Auch bei der alleinigen Betrachtung der erneuerbaren Energien kann der Anteil, der für die Warmwasserbereitung verwendet wird, oft nicht sicher zugeordnet werden, da zunehmend solarthermische Anlagen zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden und auch beim Einsatz von zentralen Biomasse-

Heizsystemen keine klare Trennung der Anwendungszwecke erfolgen kann. Dieses macht deutlich, dass bei der Erzeugung oben stehender Daten Annahmen unterlegt werden mussten, die zudem, wie in Kapitel 3.2.1 erläutert, jährlich an die aktuellsten verfügbaren Erkenntnisse angepasst werden.

Eine besondere Betrachtung soll den zeitlichen Verläufen der Anteile der elektrischen Energie am Gesamtenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser gewidmet werden, sowie deren Anteile am gesamten Stromverbrauch.

Abbildung 3-19 Anteil der elektrischen Energie an der Raumwärme- und Warmwassererzeugung



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Anteil der elektr. Energie am gesamten Endenergie-Verbrauch für Warmwasser	%	26,4	25,5	25,8	26,5	26,5	28,3	28,1	24,5	26,9	27,6	28,1	29,7
Anteil der elektr. Energie für Raumwärme am gesamten Stromverbrauch	%	18,3	17,5	17,6	17,5	17,8	17,8	17,5	17,9	17,6	16,4	15,2	13,5
Anteil der elektr. Energie für Warmwasser am gesamten Stromverbrauch	%	17,7	16,9	16,5	16,8	16,4	16,9	16,5	15,1	16,2	16,6	16,5	16,5
Anteil der elektr. Energie am gesamten Endenergie-Verbrauch für Raumwärme	%	4,3	3,8	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,1	4,3	4,1	3,7	3,6

Quellen: AGEB/BDEW 1996-2007, AGEB 2009, Anpassung an die Energiebilanz, Temperaturbereinigung, Indexbildung durch Öko-Institut.

Es ist vorweg zu schicken, dass der Gesamt-Stromverbrauch der Haushalte um rund 9 % im betrachteten Zeitraum gestiegen ist (siehe Anhang Tabelle A 1 / Tabelle A 2), jedoch absolut und prozentual im betrachteten Zeitraum weniger elektrische Energie

zum Heizen verwendet wird: Statt 24 TWh im Jahr 1996 19 TWh im Jahr 2007 (siehe Abbildung 3-2). Der Anteil der elektrischen Energie am Endenergieverbrauch für Raumwärme ist relativ gering (etwa 4 %); betrachtet man hingegen den Anteil des Stromverbrauchs für Raumwärme am gesamten Stromverbrauch der Haushalte beträgt er im Jahr 2007 rund 13,5 %, d. h. etwa jede achte Kilowattstunde Strom wird zur Beheizung verwendet. Der Anteil der Wärmepumpen am Heizstromverbrauch ist dabei noch sehr gering, nach IZES et al. (2007) betrug er etwa 1 % im Jahr 2006. Etwa 99 % des Heizstromverbrauchs resultiert durch elektrische Widerstandsheizungen, insbesondere Nachtstromspeicherheizungen.

Die Warmwasserbereitung mit elektrischem Strom ist im betrachteten Zeitraum absolut gesehen relativ konstant geblieben und liegt in der gleichen Größenordnung wie der Stromverbrauch für die Raumwärme bei im Mittel 23 TWh (siehe Anhang Tabelle A 5 / Tabelle A 6). Zum Ende des Betrachtungszeitraumes ist ein leichter Anstieg zu verzeichnen, der sich auch in einem auf rund 30 % gestiegenen Anteil am Endenergieverbrauch für die Warmwasserbereitung niederschlägt. Durch den allgemein gestiegenen Stromverbrauch besonders im Bereich der Elektrogeräte sinkt jedoch der Anteil am Gesamtstromverbrauch.

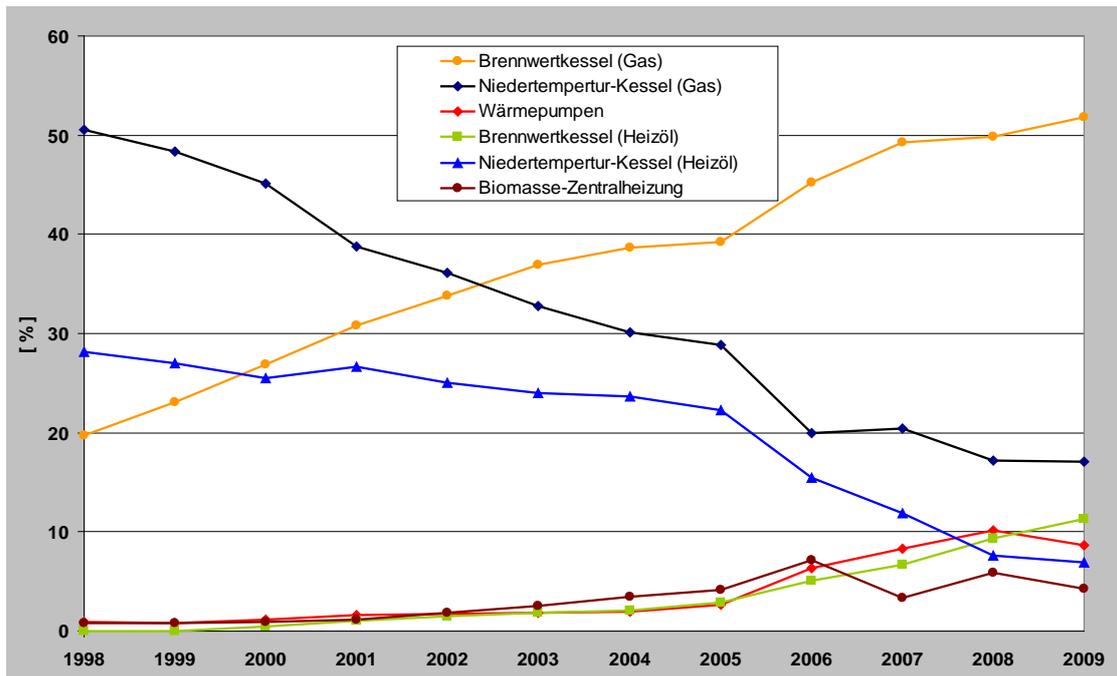
Auch in Abbildung 3-19 –fällt bei den Daten zum Warmwasserverbrauch das Jahr 2003 besonders auf, was wohl zu einem wesentlichen Teil als statistischer Effekt zu deuten ist.

3.3.4 Investitionsbezogene Einflussgrößen auf den Energieverbrauch

3.3.4.1 Heizungssysteme

In der Abbildung 3-20 ist der Anteil der verschiedenen Heizungssysteme am gesamten Absatz in Deutschland (Stückzahlen) laut der Statistik des BDH (2009+2010) dargestellt. Ein erheblicher Zuwachs an Gas-Brennwertkesseln ist zu verzeichnen, ebenso eine deutliche Zunahme des Verkaufs von Biomasse-Zentralheizungen und Wärmepumpen. Da der Einsatz von Wärmepumpen erst in den letzten Jahren zugenommen hat, ist der Stromverbrauch von Wärmepumpen derzeit nicht in den Anwendungsbilanzen ausgewiesen. In BDH (2009+2010) sind keine Angaben über die verkauften Leistungen verfügbar, so dass hier der Stromverbrauch von Wärmepumpen nicht zu bestimmen ist.

Abbildung 3-20 Anteil der Heizungssysteme am gesamten Absatz

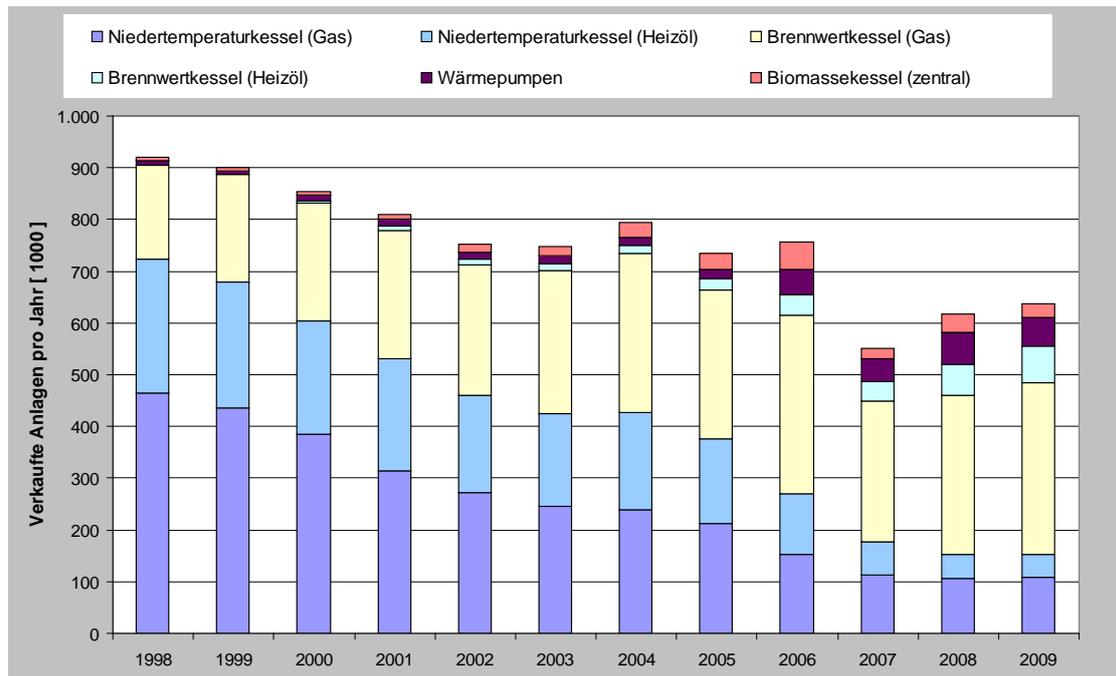


		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Brennwertkessel (Gas)	%	19,7	23,1	26,9	30,8	33,8	36,9	38,7	39,2	45,2	49,3	49,8	51,8
Niedertemperaturkessel (Gas)	%	50,5	48,3	45,1	38,8	36,1	32,8	30,1	28,8	20,0	20,4	17,2	17,1
Wärmepumpen	%	0,9	0,8	1,1	1,6	1,7	1,9	2,0	2,6	6,4	8,3	10,1	8,6
Brennwertkessel (Heizöl)	%	0,0	0,0	0,5	1,0	1,5	1,9	2,1	2,9	5,1	6,7	9,4	11,3
Niedertemperaturkessel (Heizöl)	%	28,1	27,0	25,5	26,7	25,0	24,0	23,6	22,3	15,5	11,9	7,6	6,9
Biomassekessel (zentral)	%	0,8	0,8	0,9	1,1	1,9	2,5	3,5	4,2	7,1	3,4	5,9	4,3

Quelle: BDH 2009+2010, Summierung durch Öko-Institut.

In der Abbildung 3-21 sind die absoluten Absatzzahlen der verschiedenen Heizsystemen dargestellt. Deutlich ist dabei bis zum Jahr 2007 ein allgemein sinkender Trend im betrachteten Zeitraum zu erkennen. Zum einen liegt das an einer schwachen Neubautätigkeit, so meldete die KfW (2009), dass der Wohnungsneubau im Jahr 2008 einen historischen Tiefstand erreichte. So sind auch die Wert- und Volumenindize zum Auftragsbestand im Bauhauptgewerbe im Bereich des Wohnungsbaus seit 1994 kontinuierlich gesunken (StBA 2010). Zusätzlich führte zwischen den Jahren 2006 und 2007 die Mehrwertsteuererhöhung zu vorgezogenen Investitionen, wodurch der Wert für 2007 besonders niedrig ausfiel. Seit dem Jahr 2008 ist bei den Absatzzahlen eine Trendumkehr zu verzeichnen, die als positive Auswirkungen der stabileren rechtlichen Rahmenbedingungen und attraktiven Förderbedingungen angesehen werden kann, zumal der Auftragsbestand im Bauhauptgewerbe im Bereich des Wohnungsbaus weiterhin im Sinken begriffen ist (StBA 2010).

Abbildung 3-21 Absatz an Heizsystemen



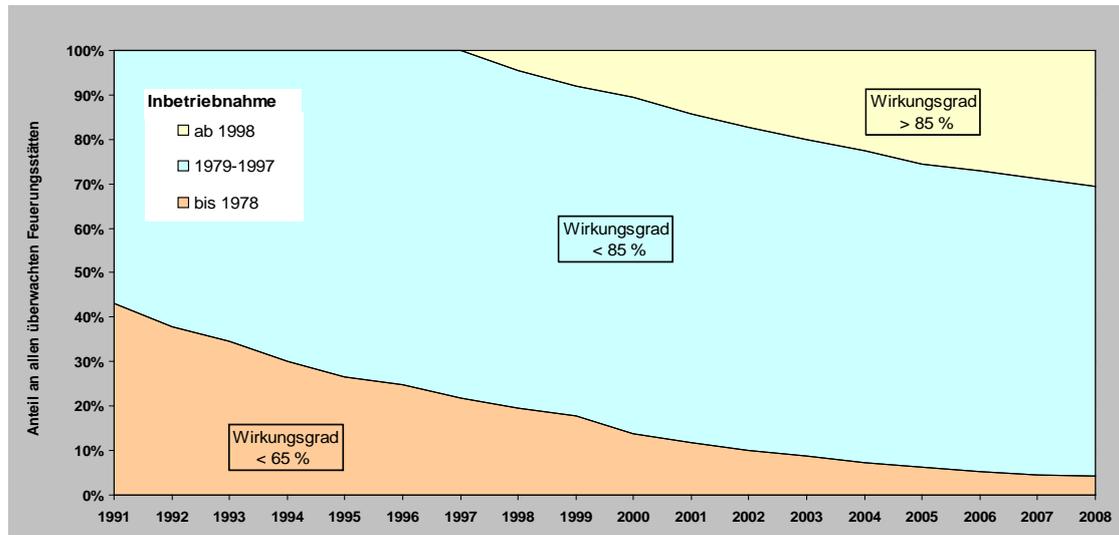
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Gesamt	1000	920	901	854	809	752	748	794	735	762	550	618	638
Niedertemperaturkessel (Gas)	1000	465	435	385	314	271	245	239	212	152	112	106	109
Niedertemperaturkessel (Heizöl)	1000	259	243	218	216	188	180	187	164	118	65	47	44
Brennwertkessel (Gas)	1000	181	208	230	249	254	276	307	288	344	271	308	330
Brennwertkessel (Heizöl)	1000	0	0	4	8	11	14	17	21	39	37	58	72
Wärmepumpen	1000	8	7	9	13	13	14	16	19	49	46	62	55
Biomassekessel (zentral)	1000	7	7	8	9	14	19	28	31	54	19	36	27

Quelle: BDH 2009+2010, Summierung durch Öko-Institut.

Die Anzahl der verkauften Wärmepumpen stieg im betrachteten Zeitraum nahezu um den Faktor 8, der Absatz von Biomassekesseln verfünffachte sich.

Einen Überblick zur Altersstruktur der Heizungsanlagen im Bestand geben die Daten vom ZIV (1991-2008): Laut ZIV (2008, S.13) sind rund 12 % der überprüften Ölfeuerungsanlagen älter als 25 Jahre und 7,1 % älter als 29 Jahre. Bei den überprüften raumluftabhängigen Gasfeuerungsanlagen sind über 6,1 % älter als 25 Jahre und 2,2 % älter als 29 Jahre. In folgendem Bild sind die Öl- und Gasfeuerungsstätten zusammen gefasst.

Abbildung 3-22 Altersstruktur und Kessel-Wirkungsgrad der nach 1.BImSchV überprüften Öl- und Gasfeuerungsstätten



		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Summe	Mio	10,37	10,95	11,10	12,06	12,71	13,11	14,02	14,45	14,50	14,77	15,00	15,17	15,03	14,87	14,71	14,45	14,13	13,87
bis 1978	Mio	4,47	4,15	3,83	3,62	3,39	3,24	3,07	2,84	2,58	2,02	1,77	1,53	1,32	1,08	0,91	0,76	0,64	0,58
1979-1997	Mio	5,90	6,80	7,27	8,43	9,32	9,87	10,95	10,97	10,74	11,18	11,07	11,02	10,69	10,42	10,05	9,78	9,41	9,04
ab 1998	Mio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	1,18	1,57	2,16	2,62	3,01	3,36	3,75	3,92	4,08	4,25	
bis 1978	%	43	38	35	30	27	25	22	20	18	14	12	10	9	7	6	5	5	4
1979-1997	%	57	62	65	70	73	75	78	76	74	76	74	73	71	70	68	68	67	65
ab 1998	%	0	0	0	0	0	0	0	4	8	11	14	17	20	23	25	27	29	31

Quellen: Altersstruktur: ZIV 1991-2008, Summierung durch Öko-Institut, Wirkungsgrade: BDH 2008b.

Besondere Brisanz erhält diese Altersstruktur durch die Vergegenwärtigung des technischen Fortschritts, der sich in dem steigenden Wirkungsgrad ausdrückt. Eine verstärkte Erneuerung von Feuerungsstätten würde direkt zu einer besseren Nutzung der eingesetzten Energieträger führen. Nach BDH (2008b) waren im Jahr 2007 nur ca. 10 % aller Öl- und Gasheizkessel auf dem Stand der Technik: mit einem Wirkungsgrad¹⁶ von über 98 %. Im Jahr 2008 waren noch rund 580.000 Heizungsanlagen die 30 Jahre und älter sind in Betrieb, was rund 4 % aller überwachten Feuerungsstätten entspricht.

Die in Abbildung 3-22 dargestellte Altersstruktur mit Zuordnung der Wirkungsgrade nach BDH (2008b) bringt die Effizienz der bestehenden Heizkessel gut zum Ausdruck. Um die Effizienz der eingesetzten Wärmeerzeugungssysteme noch genauer beurteilen zu können, müssten neben den Energieverlusten im Heizkessel, ausgedrückt im (Kessel-)Wirkungsgrad, weitere Energieverluste wie Bereitschaftsverluste während eines

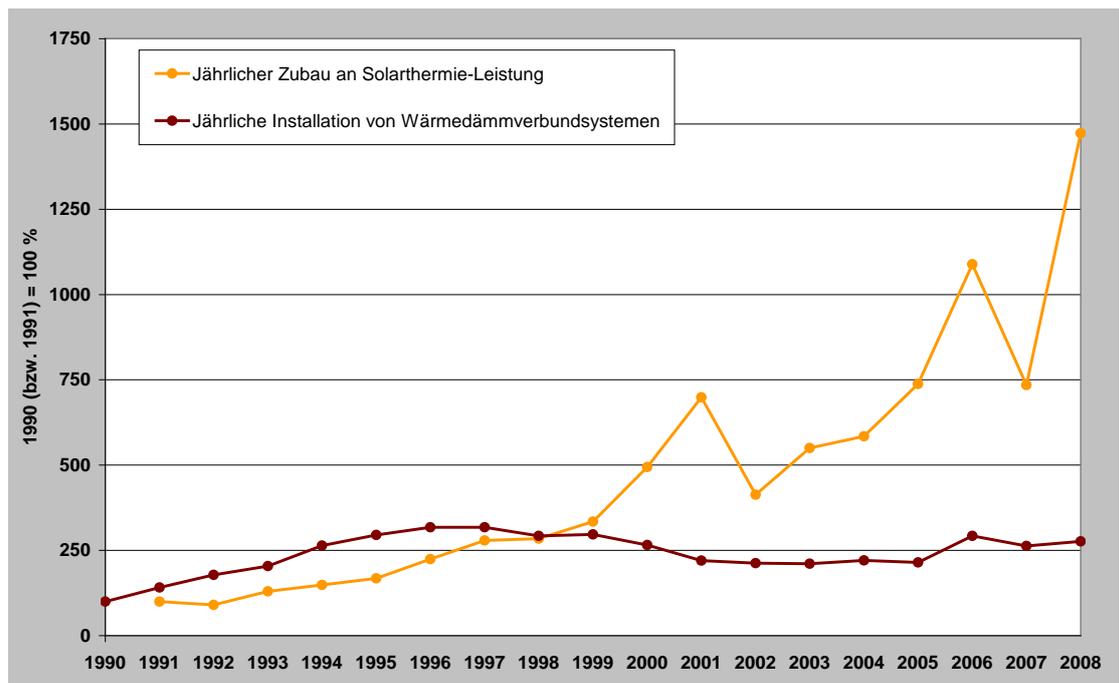
¹⁶ Der Wirkungsgrad ist hier bezogen auf den unteren Heizwert H_u bzw. H_i . Er beschreibt die Effizienz, hier von Heizkesseln, gemessen als Verhältnis aus im Heizkessel eingesetzter Energie (z. B. Erdgas) zu vom Heizkessel abgeführter Energie (Wärme) zu einem bestimmten Zeitpunkt

Jahres (Jahres-Nutzungsgrad des Heizkessels) berücksichtigt werden, ebenso die Wärmeverluste durch das Heizwasser-Verteilssystem, etc. (Gesamt-Nutzungsgrad/ System-Nutzungsgrad der gesamten Heizungsanlage). Über die Entwicklung dieser zusätzlichen Energieverluste lässt sich mit derzeit verfügbaren Daten keine Aussage treffen. Eine Darstellung dieser Entwicklung ist empfehlenswert, sobald entsprechende Daten erfasst und ausgewertet werden können.

3.3.4.2 Wärmedämmverbundsysteme und Solarthermieanlagen

Nachfolgend wird der zeitliche Verlauf des Zubaus von Wärmedämmverbundsystemen ebenso wie der Zubau von Solarthermie-Systemen dargestellt. Bei beiden Merkmalen ist keine eindeutige Abtrennung vom GHD Sektor möglich, diese Zahlen müssen also als sektorübergreifend verstanden werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der größte Anteil der installierten Wärmeverbundsysteme und Solarthermieanlagen in den Neubau und die Sanierung von Wohngebäuden fällt.

Abbildung 3-23 Zubau von Wärmedämmverbundsystemen und Solarthermie



		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Zubau an Solarthermie-Leistung	MW	238	90	81	117	134	151	202	251	256	301	445	629	372	495	526	664	980	661	1326
Jährliche installierte Wärmedämmung	Mio m ²	15	21	26	30	38	43	46	46	42	43	39	32	31	31	32	31	42	38	40

Quelle: BMU 2009; Fachverband WDVS 2008.

Die Installation von Wärmedämmverbundsystemen stagniert nach einem deutlichen Anstieg Anfang der 1990er Jahre seit etwa 2000, trotz ausgedehnter Förderung von

Sanierungsmaßnahmen wie dem CO₂-Gebäudesanierungsprogramm seit 2001 oder dem KfW-Programm „Wohnraum Modernisieren“ seit 2005.

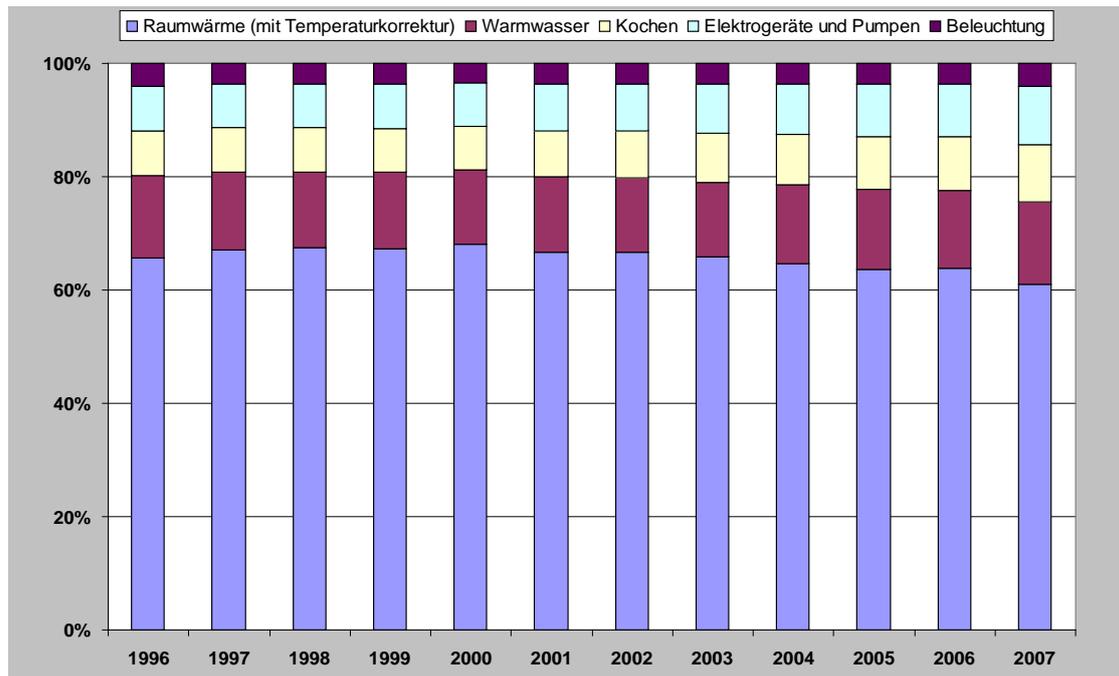
Der Zubau von Solarthermie-Flächen ist erheblich angestiegen im betrachteten Zeitraum mit einem Maximum jeweils im Jahr 2001, 2006 und 2008. Dieser Zubau ist deutlich durch die Wirkung des Marktanreizprogramms (MAP) beeinflusst, das seit 1999 die Installation der Anlagen fördert. Die Installation von Solarkollektoren nahm in den ersten Jahren nach der Einführung des MAP sehr stark zu. Nachdem im Juli 2001 das Marktanreizprogramm wegen zu hoher Nachfrage kurzzeitig ausgesetzt werden musste, folgte zunächst ein schwaches Jahr 2002. Seit März 2002 wurden die Fördersätze mehrfach erhöht und Antragsfristen verlängert, was sich durch einen kontinuierlichen Anstieg der Installationen bis 2006 abzeichnet.

Das Jahr 2007 zeigt sowohl im Bereich der Solarthermie als auch bei der Installation von Wärmedämmverbundsystemen einen Einbruch, der wie in Abbildung 3-21 mit der Auswirkung vorgezogener Investitionen im Jahr 2006 wegen der Mehrwertsteuererhöhung im Jahr 2007 begründet werden kann. Laut BDH (2008a) führte im Jahr 2007 zusätzlich auch die Verunsicherung durch neue Gesetze und Verordnungen zu einem Rückgang der Investitionen. Im Jahr 2008 zeigt sich eine leichte Steigerung bei den Wärmedämmverbundsystemen, der Zubau der Solarthermie-Leistung hingegen verdoppelt sich sogar gegenüber dem Vorjahresniveau.

3.3.5 CO₂-Emissionen der Energieverbräuche nach Anwendungsbereichen

In Abbildung 3-24 sind die CO₂-Emissionen der Haushalte untergliedert nach den fünf Anwendungsbereichen im Zeitverlauf dargestellt. Dabei wurden die mit dem UBA abgestimmten spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren verwendet, die auf dem deutschen Inventar beruhen (UBA 2009a) sowie die nach Ziesing (2009a) daraus berechneten Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme (siehe Kapitel 2.4). Für den kleinen Anteil von Kohle im Bereich der Raumwärme wurde ein durchschnittlicher Emissionsfaktor von 98 t CO₂ / TJ angesetzt.

Abbildung 3-24 CO₂-Emissionen nach Anwendungsbereichen im Zeitverlauf



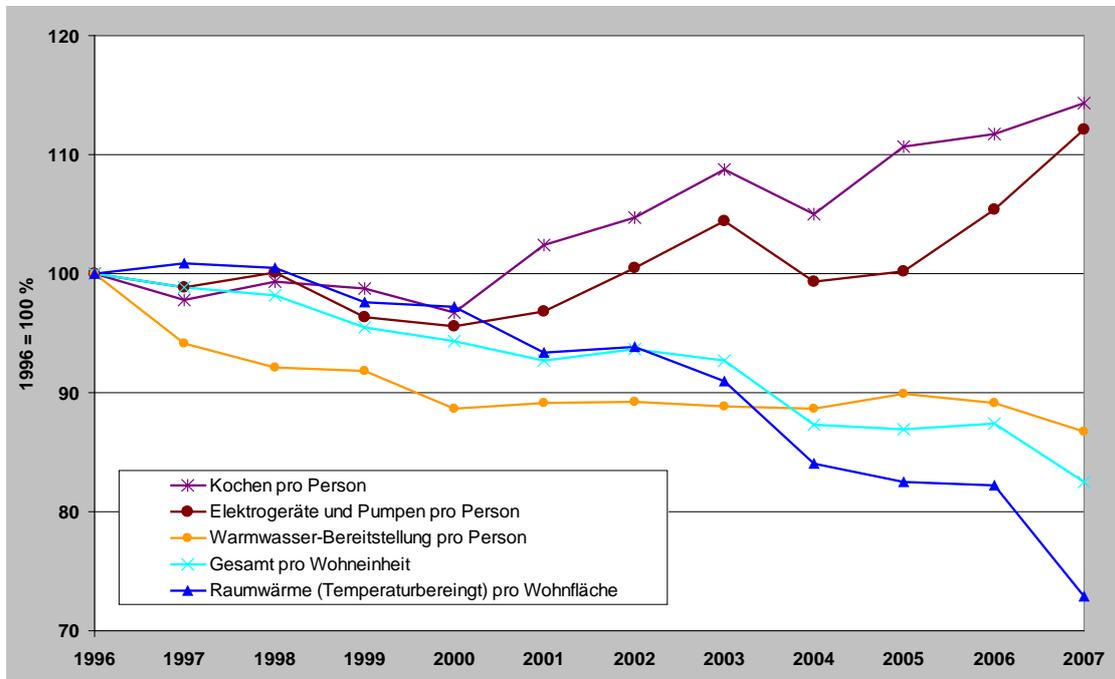
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -Emissionen, absolut	Mt	226	227	228	225	224	222	226	225	213	213	215	204
Raumwärme	Mt	136	140	141	139	141	136	139	135	126	125	125	112
Warmwasser	Mt	30	29	28	28	27	27	27	27	27	27	27	26
Kochen	Mt	16	16	16	16	16	17	17	18	17	18	18	19
Elektrogeräte und Pumpen	Mt	35	35	35	34	34	34	35	37	35	35	37	39
Beleuchtung	Mt	8,2	7,7	7,6	7,5	7,2	7,5	7,4	7,4	7,2	7,1	7,2	7,3

Quellen: AGEB/BDEW 1996-2007, AGEB 2009, Ziesing 2009a, UBA 2009a

Den mit Abstand höchsten spezifischen Emissionsfaktor hat Strom auf Grund der geringen Umwandlungswirkungsgrade (im Mittel 190 t CO₂ / TJ). Dadurch ist der Anteil der nur oder zu einem großen Teil auf diesem Energieträger beruhenden Anwendungen größer als bei der Betrachtung der Energieverbräuche nach den Anwendungen. Erdgas hat einen erheblich kleineren Emissionsfaktor als Heizöl (56 statt 74 t CO₂/TJ). Änderungen in der Energieträgerstruktur in den Anwendungsbereichen im Zeitverlauf spiegeln sich deshalb in der obigen Grafik wider. Im Bereich der Raumwärme nahm der Erdgaseinsatz von 40 % auf 45 % zu, bei der Warmwasserbereitung noch stärker von 35 % auf 45 %. Analog dazu sanken die CO₂-Emissionen im betrachteten Zeitraum. Der Anteil von Erdgas für Kochzwecke stieg in vergleichbarem Maß von 11 auf 14 %. Beim Kochen wirkt zusätzlich - wie bei der Beleuchtung und den Elektrogeräten - der Einfluss der sinkenden spezifischen CO₂-Emissionen für Strom (von 187 auf 179 t CO₂ / TJ zwischen 1996 und 2007): der Anstieg der CO₂-Emissionen fällt damit geringer aus als der Anstieg des Endenergieverbrauchs (vgl. Abbildung 3-1).

In der nächsten Abbildung werden die spezifischen CO₂-Emissionen der einzelnen Anwendungsbereiche dargestellt.

Abbildung 3-25 Spezifische CO₂-Emissionen der Energieverbräuche nach Anwendungsbereichen



		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -Emissionen, spezifisch													
Kochen pro Person	t/Kopf	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,20	0,21	0,22	0,21	0,22	0,22	0,23
Elektrogeräte und Pumpen pro Person	t/Kopf	0,43	0,42	0,43	0,41	0,41	0,41	0,43	0,45	0,43	0,43	0,45	0,48
Warmwasser-Bereitstellung pro Person	t/Kopf	0,37	0,35	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32
Gesamt pro Wohneinheit	t / WE	6,7	6,7	6,6	6,4	6,4	6,2	6,3	6,2	5,9	5,9	5,9	5,6
Raumwärme-Bereitstellung pro Wohnfläche	kg/m ²	46	47	46	45	45	43	43	42	39	38	38	34

Quellen: AGE B/BDEW 1996-2007, AGE B 2009, StBA 2004 + 2008a+k + 2009a+h, Anpassung an die Energiebilanz, Temperaturbereinigung, Berechnung der bewohnten Flächen und Wohnungen, Indexbildung durch Öko-Institut

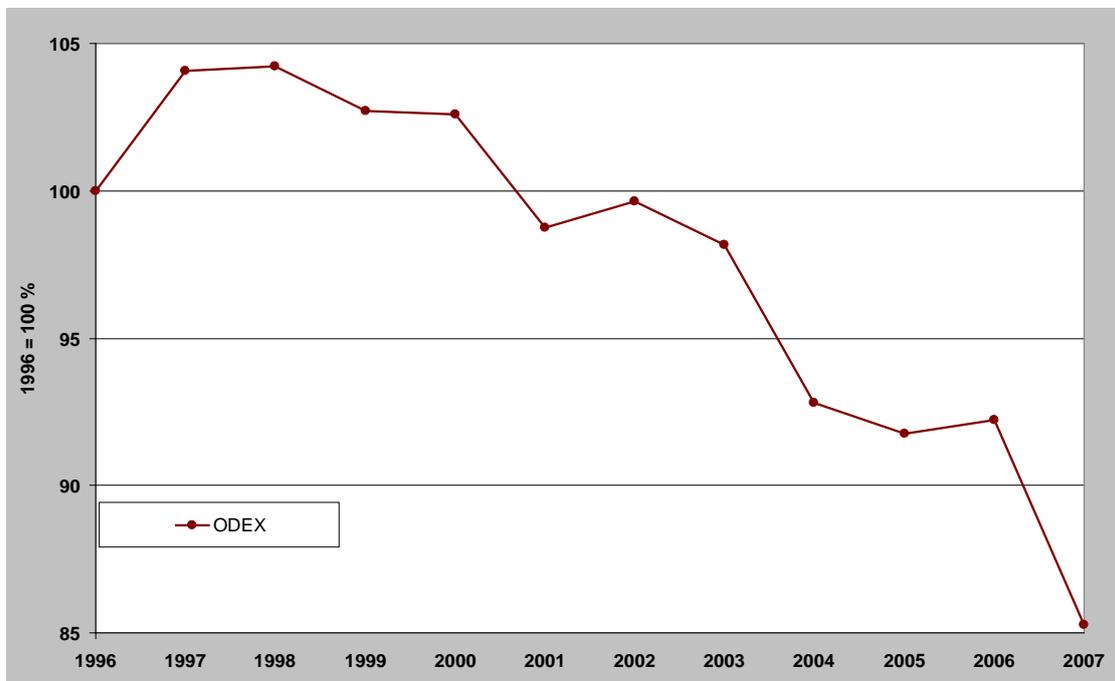
Deutlich sinken die CO₂-Emissionen pro Wohneinheit, analog dazu auch die CO₂-Emissionen der auf die Wohnfläche bezogenen Raumwärmebereitstellung und die CO₂-Emissionen der auf die Personen bezogenen Warmwasserbereitstellung. Entsprechend der ansteigenden Endenergieverbräuche in den Bereichen Kochen sowie Elektrogeräte und Pumpen haben auch die spezifischen CO₂-Emissionen zugenommen, aber mit einer deutlich niedrigeren Steigung als die spezifischen Endenergieverbräuche. Diese stiegen im betrachteten Zeitraum z.B. beim Kochen um 27 % (siehe

Abbildung 3-15), durch den sinkenden Emissionsfaktor (und den leicht höheren Erdgasanteil) stiegen die spezifischen CO₂- Emissionen von Strom nur um 14 %.

3.3.6 Odex

Zur Ermittlung des ODEX im Haushaltsbereich (siehe Abbildung 3-26) wurde der Endenergieverbrauch für die Raumwärme (temperaturbereinigt), die Warmwasserbereitung, das Kochen und für große elektrische Haushaltsgeräte (Kühlschränke, Gefriertruhen, Waschmaschine, Geschirrspüler und Fernseher) in Bezug zueinander gesetzt (siehe Kapitel 2.4). Dazu wurden, wie in Kapitel 3.2.3 beschrieben, die Daten der Elektro-Großgeräte sowie die Endenergieverbräuche nach den Anwendungsbilanzen verwendet.

Abbildung 3-26 ODEX im Haushaltssektor



Quelle: Prognos 2009, AGEB/ BDEW 1996-2007, AGEB 2009, Anpassung an die Energiebilanz, Temperaturbereinigung, Berechnung der bewohnten Flächen und Wohnungen, Indexbildung durch Öko-Institut.

Der Index der aggregierten Energieeffizienz im Haushaltssektor zeigt nach einem Maximum im Jahr 1998 einen deutlich sinkenden Trend. Im Jahr 2007 lag der aggregierte Endenergieverbrauch für Raumwärme, Warmwasser, Kochen und Betrieb der größten Haushaltsgeräte um 15 % unter dem Endenergieverbrauch von 1996.

3.3.7 Indikatoren im Haushaltssektor

Nach den hier vorab angestellten Untersuchungen werden neben dem aggregierten Energieeffizienz-Indikator ODEX abschließend folgende Indikatoren zur Beschreibung des Endenergieverbrauchs im Haushaltssektor vorgeschlagen:

Zur Beschreibung der Grundlagen:

Bezugsgrößen:

- Entwicklung der Wohnbevölkerung
- Entwicklung der Wohnfläche
- Durchschnittliche Wohnfläche pro Person
- Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße.

Energiebezogen:

- Aufteilung des Gesamt-Endenergieverbrauchs 2007 nach Anwendungen und Brennstoffen
- Aufteilung des Endenergieverbrauchs 2007 für Raumwärme nach Energieträgern
- Endenergieverbrauch für Raumwärme pro Wohnfläche
- Endenergieverbrauch für Warmwasser pro Person
- Endenergieverbrauch für Elektrogeräte und Pumpen sowie Beleuchtung pro Wohneinheit
- Jährlicher Endenergiebedarf für Raumwärme nach Wärmeschutzverordnungen und EnEV

Investitionsbezogen:

- Indikatoren zur Effizienz der Wärmeerzeugungssysteme:
 - Altersstruktur und Wirkungsgrade von Heizungssystemen
 - Entwicklung des Absatzes von Wärmeerzeugungssystemen
- Indikatoren zur Effizienz der Haushaltsgeräte:
 - Stromverbrauch exemplarischer HH-Geräte

4 Industrie

4.1 Sektorspezifische Merkmale

Ein wesentliches Ziel von Indikatoren im industriellen Sektor ist es, die wichtigsten Determinanten des industriellen Energieverbrauchs getrennt darzustellen und damit eine detaillierte Analyse der Entwicklung des Energieverbrauchs durchführen zu können. Die Kenntnis, welche die Analyse der Determinanten und ihrer relativen Bedeutung vermittelt, erlaubt Schlussfolgerungen im Hinblick darauf, welcher Einflussfaktor (oder welche Einflussfaktoren) entscheidend war für die beobachtete Veränderung des Energieverbrauchs. Als wesentliche verbrauchsbestimmende Determinanten für den industriellen Energieverbrauch lassen sich nennen:

- Die Höhe und Entwicklung der wirtschaftliche *Aktivität* des Industriesektors insgesamt; d.h. ein Wachstum der industriellen Produktion wirkt - ceteris paribus - energieverbrauchssteigernd, ein Rückgang verbrauchssenkend.
- Die Aufteilung des Industriesektors in einzelne Industriezweige sowie deren relative Veränderung (*interindustrieller Strukturwandel*); strukturelle Verschiebungen zugunsten überdurchschnittlich energieintensiver Industriezweige wirken - ceteris paribus - verbrauchssteigernd, Verschiebungen zugunsten energieextensiver Branchen verbrauchssenkend.
- Die strukturelle Zusammensetzung sowie der Strukturwandel innerhalb einzelner - insbesondere energieintensiver - Industriezweige (*intra-industrieller Strukturwandel*).
- Die *strukturelle Zusammensetzung des industriellen Energieverbrauchs* sowie die damit einhergehende Energieträger-Substitution zwischen Brennstoffen und Strom sowie innerhalb der Brennstoffe aufgrund der unterschiedlichen energetischen Wirkungsgrade der verschiedenen Energieträger; noch bedeutender ist dieser Einfluss bei einer Betrachtung der aus dem Energieverbrauch resultierenden CO₂-Emissionen, da sich die spezifischen CO₂-Emissionen der Energieträger z. T. deutlich unterscheiden.
- Der *technische Stand der Energienutzung* und dessen Veränderung im Zeitablauf, wobei technische Veränderungen sowohl energieverbrauchssenkend als auch verbrauchssteigernd wirken können.
- Auch *jährliche Wetterschwankungen* können die Entwicklung des Energieverbrauchs beeinflussen. Bei einem Raumwärmeanteil der gesamten Industrie von lediglich rund 7 % (AG Energiebilanzen/BDEW) ist dieser Einfluss allerdings - anders als in den raumwärmeintensiven Sektoren Haushalte und GHD - eher von untergeordneter Bedeutung, so dass im Industriesektor in der Regel auf eine Temperaturbereinigung des Energieverbrauchs verzichtet wird.

Wie in den anderen Sektoren bestehen die im Industriesektor gebräuchlichen Indikatoren zur Messung dieser Einflussfaktoren aus einer Energieverbrauchsgröße (bzw. den aus dem Energieverbrauch abgeleiteten CO₂-Emissionen), die auf eine Aktivitätsgröße bezogen wird. Im Fall der Industrie beinhaltet die dem Energieverbrauch zu Grunde

gelegten Aktivitätsgrößen ein Maß für die industrielle Produktion, das sowohl eine Mengen- als auch eine Wertgröße sein kann. Neben einfachen Input-Output-Relationen lassen sich im Industriesektor auch Indikatoren mit Komponentenerlegung oder re-aggregierte Indikatoren berechnen (vgl. Abschnitt 2.4). Die Auswahl der Indikatoren wird im Wesentlichen durch die Datenverfügbarkeit zum Energieverbrauch und zu den Produktionsaktivitäten bestimmt, die im nachfolgenden Abschnitt 4.2 dargestellt wird.

Zusätzlich zu diesen, aus Produktions- und Energiestatistiken abgeleiteten, Indikatoren bilden empirische Daten zur Diffusion bzw. Verbreitung energieeffizienter Technologien eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung und Evaluierung von politischen Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz. Sie erlauben sowohl einen Überblick über verbleibende Einsparpotenziale als auch eine (ex-post und ex-ante) Evaluierung von Effizienzmaßnahmen. Aus diesem Grund werden für den Industriesektor auch einzelne so genannte "Diffusionsindikatoren" berechnet.

Wichtig für die Berechnung von Indikatoren ist außerdem die Abgrenzung des Industriesektors zu anderen Energieverbrauchssektoren sowie das gewählte Aggregationsniveau, d. h., der Grad der Unterteilung des Sektors in Subsektoren (Branchen) oder sogar einzelne Produkte. In rein nationalen Untersuchungen zur Entwicklung des industriellen Energieverbrauchs wird der Industriesektor in der Regel in Anlehnung an die nationale Energiebilanz abgegrenzt als Verarbeitendes Gewerbe ohne Mineralölverarbeitung, jedoch inkl. Gewinnung von Steinen und Erden und Nicht-Energiebergbau. Nicht enthalten sind damit der Energieverbrauch des Energiebergbaus, der Raffinerien und der Energie- und Wasserversorgung, die in der Energiebilanz dem Umwandlungssektor zugerechnet werden sowie das Baugewerbe, das in der deutschen Energiebilanz dem Sektor GHD zugeordnet ist. Relevant wird die Frage der sektoralen Abgrenzung insbesondere bei einem internationalen Vergleich, da die sektorale Abgrenzung der Industrie international von der Abgrenzung der deutschen Energiebilanz abweichen kann. Im Hinblick auf eine Unterteilung des Gesamtsektors in einzelne Industriebranchen und Produkte zur Erfassung inter- und intra-industrieller Struktureffekte ist zu berücksichtigen, dass der industrielle Energieverbrauch in der Energiebilanz und in der Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes, auf die bei einer stärkeren Disaggregation als in der Energiebilanz zurückgegriffen werden muss, teilweise unterschiedlich erfasst wird (siehe Abschnitt 4.2).

Unabhängig von der jeweiligen Datenquelle sollte die Abgrenzung der einzelnen Branchen, Produkte und Prozesse nach einer einheitlichen Systematik der Wirtschaftszweige erfolgen. Bis zum Erhebungsjahr 2007 wurde zu diesem Zweck in der nationalen Energie- und Produktionsstatistik noch die Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003 (WZ 2003) verwendet. Ab dem Erhebungsjahr 2008 wird diese jedoch durch die Ausgabe 2008 (WZ 2008) abgelöst. Auf europäischer Ebene entspricht diese nationale Abgrenzung der statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (bisher NACE Rev. 1.1, ab 2008 NACE Rev.2), so dass hier auch auf europäischer Ebene eine Vergleichbarkeit gegeben ist. Durch die Umstellung der Systematik ab dem Erhebungsjahr 2008 sind jedoch bei einer Fortschreibung von

Energieverbrauchs- und Produktionsdaten des Industriesektors über das Jahr 2007 hinaus mögliche Datenbrüche zu berücksichtigen.

Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass der Industriesektor in der Abgrenzung der nationalen Energiebilanz nur den Energieverbrauch von Unternehmen mit in Regel 20 und mehr Beschäftigten erfasst. Damit folgt die Energiebilanz der entsprechenden Abgrenzung in der Statistik des Produzierenden Gewerbes des Statistischen Bundesamtes. Der Energieverbrauch von Unternehmen unterhalb dieser Abschneidegrenze ist in der Energiebilanz im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) enthalten.

4.2 Datenquellen

Grundsätzlich ist der Industriesektor von allen Sektoren der am besten durch eine jährliche Datenerhebung abgedeckte Sektor. Dies gilt sowohl für den Energieeinsatz als auch für relevante monetäre und physikalische Aktivitätsgrößen. Die für die Berechnung von Indikatoren im Industriesektor verfügbaren Datenquellen sind in Tabelle 4-1 bis Tabelle 4-4 umfassend beschrieben.

4.2.1 Daten zum Energieverbrauch im Industriesektor

Als grundlegende Datenquelle für die Erfassung des Endenergieverbrauchs des Sektors Industrie wird die nationale Energiebilanz (AG Energiebilanzen) vorgeschlagen, die für den Industriesektor im Wesentlichen auf der Statistik des Energieverbrauchs des Statistischen Bundesamtes (StBA 2008k; siehe unten) basiert. Dies ermöglicht zum einen eine konsistente und doppelzählungsfreie Abgrenzung des Industriesektors von den übrigen Endverbrauchssektoren der Energiebilanz (Private Haushalte, GHD, Verkehr) sowie die weitere Unterscheidung von 14 Industriebranchen (Tabelle 4-1). Auf dieser Grundlage lassen sich somit auch interindustrielle Struktureffekte erfassen.

Für eine darüber hinausgehende Unterteilung der Industrie in weitere Branchen oder Prozesse und Produkte muss jedoch auf weitere Datenquellen zurückgegriffen werden, die nicht vollständig mit der Methodik der Energiebilanz vergleichbar sind. Dies ist insbesondere die Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes, die grundsätzlich sehr detaillierte Energieverbrauchsdaten auf Branchen- und Produktebene zur Verfügung stellt (StAB 2008k). Sie unterscheidet allerdings zum einen weniger Energieträger als die Energiebilanz (insbesondere bis zur Umstellung der Statistik im Jahr 2002) und zum anderen wird bei den Brennstoffen zunächst nicht zwischen Prozessenergie und industrieller KWK sowie reiner Stromeigenerzeugung unterschiedet. Früher führte das Statistische Bundesamt auf Anfrage die Datentrennung zwischen diesen Anwendungszwecken durch, hier hat sich seit 2002 allerdings die Datenbasis verschlechtert (StAB 2008j). Für die Stahlerzeugung gibt es bis einschließlich 2009 eine eigene sehr detaillierte Energieverbrauchsstatistik auf Prozessebene (StAB 2008l). Für andere wichtige energieintensive Prozesse insbesondere innerhalb der Papierindustrie und der chemischen Grundstoffe stellt auch das Statistische Bundesamt keine jährlichen Energiever-

brauchsstatistiken zur Verfügung. Hier kann nur auf Modelldaten oder Daten aus Einzelstudien zurückgegriffen werden, die in der Regel keine konsistenten Zeitreihen über längere Zeiträume beinhalten (Tabelle 4-2).

Nicht abgedeckt durch Statistiken ist der Energieverbrauch nach Anwendungszwecken (zum Beispiel Prozesswärme, Prozessstrom, Energie für verschiedene Querschnittstechnologien wie Druckluft, Ventilatoren etc.). Auf relativ hoch aggregierter Ebene sind die auf Expertenschätzungen beruhenden Daten – wie auch für die übrigen Verbrauchssektoren - den Anwendungsbilanzen (AGEB/BDEW) für Deutschland zu entnehmen. Detailliertere Daten zu den Anwendungszwecken können zwar auf der Grundlage einzelner Studien ermittelt werden, nicht jedoch als konsistente Zeitreihe, welche es erlaubt, Effizienzverbesserungen in einzelnen Bereichen auf jährlicher Basis nachzuvollziehen.

Derzeit laufende Projekte unter der nationalen Klimainitiative des BMU und im Rahmen des Ufoplanes 2009 des UBA könnten u.U. die Datenbasis zum Energieverbrauch nach Anwendungszwecken und für energieintensive Industriebranchen verbessern¹⁷. Dies gilt auch für Daten zum Energieverbrauch wichtiger industrieller Querschnittstechniken, die vor allem eine wichtige Grundlage für die Ermittlung von Marktdiffusionsindikatoren (siehe Abschnitt 2.4) darstellen. Hier gibt es bisher nur sehr begrenzte Informationen, die vor allem auf EU-Aktivitäten beruhen (Tabelle 4-3).

4.2.2 Daten zu CO₂-Emissionen im Industriesektor

Die direkten CO₂-Emissionen im Industriesektor insgesamt und einzelner Branchen lassen sich ermitteln, indem der Brennstoffverbrauch einzelner Energieträger mit brennstoffbezogenen Emissionsfaktoren belegt wird. Dafür werden in dieser Untersuchung die Basis-Emissionsfaktoren für CO₂ aus dem Nationalen Inventarbericht für Deutschland (UBA 2009a) verwendet. Für den Industriesektor ist allerdings die in dieser Untersuchung bei der Datenerfassung vorgesehene Unterteilung der Brennstoffe in Steinkohlen, Braunkohlen, Mineralöle und Gase zu aggregiert, um die in der Industrie eingesetzten vielfältigen Brennstoffe mit teilweise deutlich abweichenden CO₂-Intensitäten adäquat abzubilden. Daher erfolgt die Berechnung der CO₂-Emissionen für die Industrie und einzelne Branchen auf der Ebene der detaillierten Energieträgerstruktur der nationalen Energiebilanz (siehe Kap. 2.1). Auf der Ebene einzelner Produkte und Verfahren (z.B. Zement, Rohstahlerzeugung) ist diese differenzierte Umrechnung jedoch nur eingeschränkt möglich, da der Brennstoffeinsatz häufig nur insgesamt oder für aggregierte Brennstoffe vorliegt (Tabelle 4-2).

¹⁷ Das Verbundvorhaben "Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative" im Auftrag des BMU sowie die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Datenbasis Endenergieverbrauch & Energieeffizienz 2008“ (FKZ 3708 42 129) und „Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen von industriellen Branchentechnologien durch Prozessoptimierung und Einführung neuer Verfahrenstechniken“ (FKZ 3709 46 130) für das Umweltbundesamt

Neben den brennstoffseitigen CO₂-Emissionen enthalten die in dieser Untersuchung für den Industriesektor – wie auch für die übrigen Endverbrauchssektoren - ausgewiesenen CO₂-Emissionen auch die dem Strom und der Fernwärme zuzurechnenden Emissionen. Die Bewertung der jeweiligen Strom- und Fernwärmeverbräuche erfolgte mittels mit dem UBA abgestimmter durchschnittlicher spezifischer Emissionswerte für Strom und Fernwärme in Deutschland.

4.2.3 Daten zu Aktivitäten im Industriesektor

Als Maß für den wirtschaftlichen Output des Industriesektors, d.h. das Produktionsergebnis, sind grundsätzlich sowohl Mengen- als auch Wertgrößen denkbar (Tabelle 4-4). Vor allem zur Messung der Energieeffizienz im engeren, eher technisch interpretierten Sinn wird eine Messung in physikalischen Einheiten wie Tonnen grundsätzlich präferiert, da hier die technische Energieeffizienz besser zum Ausdruck kommt. Derartige Maßgrößen lassen sich jedoch nur auf der Ebene einzelner, relativ homogener Produkte wie Rohstahl, Aluminium, Zement, Glas, Papier oder Kalk verwenden. Schon auf der weniger homogenen Produktgruppenebene und insbesondere auf Branchenebene bzw. für die Industrie insgesamt ist die Messung des Output in physikalischen Einheiten nur noch sehr begrenzt möglich.

Im Regelfall benötigt man einen gemeinsamen Bewertungsmaßstab zur Aggregation der unterschiedlichen Produkte. Im Fall der wirtschaftlichen Produktion sind dies üblicherweise Preise, wobei es in der Industriestatistik verschiedene Produktionsmaße auf Wertbasis gibt (wie Umsatz, Brutto- oder Nettoproduktionswert, Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen, Brutto- oder Nettowertschöpfung zu Faktorpreisen). Diese Größen unterscheiden sich insbesondere durch den unterschiedlichen Grad der Berücksichtigung von Vorleistungen. Um Doppelzählungen zu vermeiden, sind bei Analysen des gesamten Industriesektors um Vorleistungen bereinigte Größen wie der Nettoproduktionswert oder die Bruttowertschöpfung der geeignetere Aktivitätsindikator. Bei einer Betrachtung von Zeitreihen, wie dies bei der Indikatorberechnung üblicherweise der Fall ist, ist außerdem die Verwendung deflationierten Wertgrößen notwendig, d.h., die jeweils verwendete Wertgrößen ist mit einem geeigneten Preisindex zu bereinigen.¹⁸

Als bereits preisbereinigte Größe steht aus der offiziellen Statistik nur die Bruttowertschöpfung Wirtschaftsbereichen aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) zur Verfügung, während dies beim grundsätzlich ebenfalls geeigneten Nettoproduktionswert nicht der Fall ist. Die Bruttowertschöpfung hat sich auch international als gebräuchlichste Wertgröße herausgestellt, die im Rahmen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung als Differenz zwischen Produktionswerten und Vorleistungen berechnet wird. Außerdem wird diese Größe auch nach einem EU-einheitlichen Verfahren deflationiert (StBA 2009e). Damit ist auch eine Vergleichbarkeit eines auf dieser Grundlage

¹⁸ Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, die bereits deflationierten Wertgrößen aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu verwenden, da hier die Deflationierung mittels eines international anerkannten und EU-einheitlichen Verfahren erfolgt (siehe nachfolgender Abschnitt).

berechneten Energieeffizienzindikator auf EU-Ebene gegeben. Allerdings weist diese Bezugsgröße auch einige Nachteile auf:

- Zum einen wird die deflationierte Bruttowertschöpfung in der Abgrenzung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung nur für eine begrenzte Anzahl von Industriebranchen auf WZ-2-Steller-Ebene erfasst. Für darüber hinausgehende Branchenuntergliederungen auf WZ-3-Steller-Ebene, wie sie der nationalen Energiebilanz zu Grunde liegt, sind daher zusätzliche Abschätzungen erforderlich. Dieser erfolgen für diese Studie auf der Grundlage der Anteile der entsprechenden an der Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten im Jahr 2000, die auch das Gewichtungsschema für den Produktionsindex (siehe unten) darstellt (StBA 2009b).
- Ein weiteres Abgrenzungsproblem dieser Wertgröße ergibt sich daraus, dass die Bruttowertschöpfung in der Definition der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung die Wirtschaftsleistung aller Unternehmen des Produzierenden Gewerbes erfasst, während die Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes und die nationale Energiebilanz nur Unternehmen ab in der Regel 20 und mehr Beschäftigten einbezieht.
- Die preisbereinigten Ergebnisse der VGR werden entsprechend internationaler Konventionen und verbindlicher europäischer Rechtsvorschriften nicht mehr wie früher in Preisen eines festen Basisjahres ausgedrückt, sondern stets in Preisen des jeweiligen Vorjahres. Durch Verkettung („Chain-linking“) werden für jedes Merkmal vergleichbare lange Zeitreihen ermittelt. Da die so verketteten Absolutwerte der Bruttowertschöpfung in Euro nicht mehr additiv sind, stehen die verketteten Indizes (sog. Kettenindizes, in Deutschland derzeit bezogen auf das Referenzjahr 2000) im Mittelpunkt der Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes zur VGR (StBA 2009b, StBA 2007b). Für die Bildung eines Energieeffizienzindikator ist ein Wert in Euro jedoch anschaulicher und verständlicher als ein auf einen Index bezogener Indikator. Aus diesem Grund werden hier trotz des methodischen Problems der Nicht-Additivität die Absolutwerte der deflationierten Bruttowertschöpfung aus der VGR verwendet, die auf Anfrage vom Statistischen Bundesamt erhältlich sind. Für die Ermittlung der Bruttowertschöpfung der Branchen auf der Ebene der Energiebilanz werden jeweils die Werte des höchsten Aggregats zu Grunde gelegt. Die Bruttowertschöpfung der „sonstigen Wirtschaftszweige“ wird als Restgröße ermittelt.

Nicht zuletzt aufgrund dieser methodischen Probleme hat sich als weiteres im Industriesektor gebräuchliches Maß für die industrielle Produktion der Produktionsindex entwickelt, der im Rahmen der Statistik des Produzierendes Gewerbes des Statistischen Bundesamtes auf monatlicher Basis ermittelt wird. Abgesehen von dem grundsätzlichen Nachteil, dass ein Index als Bezugsgröße für einen Energieeffizienzindikator wenig anschaulich ist, weist der Produktionsindex gegenüber der alternativen Bezugsgröße Bruttowertschöpfung eine Reihe von Vorteilen auf. Zum einen enthält er nur die Produktionsleistung von Unternehmen ab i.d.R. 20 Beschäftigten und ist daher in der Abgrenzung mit der Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes und der Energiebilanz vergleichbar. Die Erfassung erfolgt, anders als bei der Bruttowertschöpfung in der Abgrenzung der VGR, auf sehr detaillierter WZ-2-, 3- und 4-Steller-Ebene (StBA 2009b,f), so dass hier keine zusätzlichen Anpassungen an das Aggregationsniveau der

Energiebilanz erforderlich sind. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Produktionsindex insofern näher an der eigentlichen, den Energiebedarf des Industriesektors bestimmenden, Produktionsleistung liegt und weniger von rein wertmäßig bedingte Veränderungen (d.h. die Herstellung qualitativ höherwertiger Produkte mit entsprechend höheren Preisen, ohne dass dies den Energiebedarf der Herstellung tangiert) beeinflusst wird als die Bruttowertschöpfung. Damit korreliert der Produktionsindex besser mit dem Energieverbrauch.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass grundsätzlich beide Aktivitätsgrößen – die deflationierte Bruttowertschöpfung aus der VGR und der Produktionsindex aus der Produktionsstatistik – eine geeignete Bezugsgröße für die Bildung von Energieeffizienzindikatoren darstellen. Dabei weist der Produktionsindex aus methodischer Sicht Vorteile auf, während die Bruttowertschöpfung als Absolutwert in Euro die Bildung des anschaulicheren Effizienzindikators ermöglicht. Auch international ist die Verwendung beider Bezugsgrößen gebräuchlich und hat sich – neben der physischen Produktion in Tonnen - gegenüber anderen Aktivitätsmaßen durchgesetzt. So werden z.B. in der ODYSSEE-Datenbank (www.odyssee-indicators.org) sowohl auf den Produktionsindex als auch auf die Bruttowertschöpfung bezogene Indikatoren verwendet. Auch die von der EU-Kommission für die Berichterstattung unter der Richtlinie zu Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (EDL-RL) vorgeschlagenen top-down-Indikatoren zur Ermittlung der Endenergieeinsparungen im Industriesektor beinhalten einen auf die Bruttowertschöpfung und einen auf den Produktionsindex bezogenen Energieeffizienzindikator, wobei letzter als „bevorzugter Indikator“ eingeordnet wird (EU-Kommission 2009).

Alle genannten Aktivitätsgrößen für den Industriesektor stehen für Deutschland mit den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes, auf Tonnenbasis ergänzt durch Verbandsstatistiken der jeweiligen Industrieverbände, zur Verfügung (Tabelle 4-4).

Tabelle 4-1 Datenlage zum Energieverbrauch im Sektor Industrie in Deutschland – Industrie gesamt und Branchen

Datenquelle	Erhebende Institution	Charakterisierung Datenquelle	Aggregationsniveau	Verfügbarkeit	Methodik	Bemerkungen
Energiebilanz für Deutschland	AG Energiebilanzen	quasi-amtlich	Gesamtsektor nach Energieträgern und 14 Branchen	jährlich (derzeit bis 2007 bzw. Ausw.tab. bis 2008)	Schätzung, basierend auf Erhebungen von Destatis	Brennstoffe bereinigt um Brennstoffeinsatz für Stromeigenerzeugung; erfasst nur Energieverbrauch von Unternehmen ab i.d.R. 20 Beschäftigten.
Energieverbrauch nach Anwendungsbereichen	AGEB / BDEW	quasi-amtlich	Gesamtsektor nach E-trägern und Anwendungsbereichen (Raumwärme, Warmwasser sonst. Prozesswärme, mech. Energie, Beleuchtung, IuK)	jährlich (derzeit bis 2007)	Schätzung, basierend auf Energiebilanz, einzelnen Erhebungen und Expertenwissen	
FS 4, R. 4.1.1: Energieverbrauch des produzierenden Gewerbes	Statistisches Bundesamt	amtlich	Produzierendes Gewerbe nach Energieträgern und Branchen (WZ93, 4-Steller-Ebene).	monatlich, jährlich (bis 2002)	Erhebung bei Betrieben	Brennstoffe inkl. Einsatz für Stromeigenerzeugung; nicht alle E-träger erfasst; nur Energieverbrauch von Unternehmen ab i.d.R. 20 Beschäftigten.
FS 4, R. 6.5: Statistik zur Energiewirtschaft	Statistisches Bundesamt	amtlich	Produzierendes Gewerbe nach Energieträgern und Branchen (WZ2003, 4-Steller-Ebene).	jährlich; ab 2003 (derzeit bis 2008)	Erhebung bei Betrieben	Brennstoffe inkl. Einsatz für Stromeigenerzeugung; nicht alle E-träger erfasst.
FS 4, R. 6.4: Statistik zu Stromerzeugungsanlagen der Betriebe	Statistisches Bundesamt	amtlich	Bis 2001: WZ93, 4-Steller-Ebene Ab 2002: WZ2003, nur für 6 WZ-2-Steller (15,17,20,21,23,26,27)	jährlich (derzeit bis 2008)	Erhebung bei Betrieben	nicht alle Energieträger erfasst.

Tabelle 4-2 Datenlage zum Energieverbrauch energieintensiver Produkte in der Industrie

Produkte, Prozesse	Datenquelle	Charakterisierung Datenquelle	Aggregationsniveau	Verfügbarkeit	Methodik	Bemerkungen
Zucker (WZ 15.83)	Statistisches Bundesamt, FS 4, R. 4.1.1 bzw. 6.5	amtlich	Produktebene	jährlich (derzeit bis 2008)	Erhebung bei Betrieben	Fernwärme/Flüssiggas bis 2002 nicht erhoben.
Zement (WZ 26.51)	Statistisches Bundesamt, FS 4, R. 4.1.1 bzw. 6.5	amtlich	Produktebene	jährlich (derzeit bis 2008)	Erhebung bei Betrieben	Fernwärme/Flüssiggas werden bis 2002 nicht erhoben.
Erz. von NE-Metallen (WZ 27.4)	Statistisches Bundesamt, FS 4, R. 4.1.1 bzw. 6.5	amtlich	Produktebene (Aluminium, Kupfer, Blei, Zink, Zinn)	jährlich (derzeit bis 2008)	Erhebung bei Betrieben	Seit 2003 keine Unterscheidung Primär-/Sekundäraluminium
Eisen- und Stahlzeugung (WZ 27.1)	Statistisches Bundesamt, Stahlstatistik	amtlich	Prozessebene (Oxygenstahl, Elektrostahl etc.)	jährlich (derzeit bis 2008)	Erhebung bei Betrieben	
Glasindustrie (WZ 26.1)	Statistisches Bundesamt, FS 4, R. 4.1.1 bzw. 6.5	amtlich	WZ-4-Steller-Ebene (Flachglas, Hohlglas, Glasfaser)	jährlich (derzeit bis 2008)	Erhebung bei Betrieben	
Papierherzeugung (WZ 21)	AG Energiebilanzen	quasi-amtlich	Nur Gesamtbranche, keine Daten auf Prozess-/Produktebene (Zellstoff)	jährlich (derzeit bis 2008)	Schätzung, basierend auf Daten von Destatis	Energieverbrauch auf Prozessebene: nur Daten für einzelne Jahre aus Studien verfügbar.
Grundstoffchemie (WZ 24.1) Energieintensive Prozesse	AG Energiebilanzen Fraunhofer ISI/Uni Utrecht: Material and Energy Flows in the Chemical Sector. 2008. Im Auftrag von Destatis.	quasi-amtlich Studie	WZ 24.1 gesamt Energie- und Materialflüsse wichtiger Produkte separat	jährlich Einzelne Stützjahre: 1995, 2000, 2003	Schätzung basierend auf Destatis. Schätzungen und Berechnungen basierend auf Daten von Destatis.	Daten basierend auf bottom-up-Energie- und Stoffstrommodell

Tabelle 4-3 Datenlage zum Energieverbrauch wichtiger industrieller Querschnittstechniken

Querschnittstechnik	Datenquelle	Charakterisierung Datenquelle	Aggregationsniveau	Verfügbarkeit	Methodik	Bemerkungen
Elektromotoren	CEMEP www.cemep.org	Verband	Gesamte EU	1998-2007	Hersteller melden Absatzzahlen an Verband	Im Rahmen des Monitorings der Freiwilligen Vereinbarung zur Kennzeichnung von Elektromotoren.
Elektromotoren (+ Pumpen und Ventilatoren)	EuP Studie Lot 11 „Electric motors“	Studie		Schwankend, einzelne Jahre	Modellrechnungen (Bestand, spezifischer Energiebedarf)	Bestand ist berechnet anhand von Produktion, Importen, Exporten und einer mittleren Lebensdauer. Datenquelle meistens Prodcorn
Industrielle KWK	Statistisches Bundesamt, Statistik zur Stromerzeugung der Betriebe im Bergbau und Verarbeit. Gew.	amtlich	bis 2001: WZ-4-Steller ab 2002: wenige WZ-2-Steller	seit 1990 (derzeit bis 2008)	Erhebung in Betrieben	
Einsatz von Frequenzumrichtern für drehzahlvariable Antriebe	ZVEI	Verband	Deutschland	1996-2008	Hersteller melden Absatzzahlen an Verband	Nicht veröffentlicht, auf Anfrage bei ZVEI erhältlich

Tabelle 4-4 Datenlage zu Aktivitätsgrößen in der Industrie

Aktivitätsgröße	Datenquelle	Charakterisierung Datenquelle	Aggregationsniveau	Verfügbarkeit	Methodik	Bemerkungen
Bruttowertschöpfung (real)	Statistisches Bundesamt, FS 18, Reihe 1 (VGR, Inlandsproduktberechnung)	amtlich	WZ-2-Steller-Ebene	jährlich (derzeit bis 2008)	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung; Deflationierung mittels Kettenindex. einheitlich für alle EU-Länder verfügbar.	Reale Werte in Euro werden nicht offiziell veröffentlicht (nur Kettenindex), sind aber auf Anforderung beim Statistischen Bundesamt erhältlich. Problem der Nicht-Additivität der Absolutwerte in Euro. Enthält Wirtschaftsleistung aller Unternehmen des Prod. Gewerbes.
Weitere Produktionsmaße auf Wertbasis (Umsatz, Brutto-/Nettoproduktionswert, Brutto-/Nettowertschöpfung zu Marktfaktorpreisen)	Statistisches Bundesamt	amtlich	WZ-4-Steller-Ebene	jährlich (derzeit bis 2008)	Erhebungen in Unternehmen, nur nominal ausgewiesen	Preisbereinigung erforderlich; keine internat. Vergleichbarkeit; Vorleistungen unterschiedlich berücksichtigt: für Indikatoren um Vorleistungen weitgehend bereinigte Größen geeigneter (wegen Doppelzählung)
Produktionsindex	Statistisches Bundesamt, FS 4, Reihe 2.1	amtlich	WZ-4-Steller-Ebene	jährlich (derzeit bis 2008)	Erhebung in Unternehmen; vergleichbar für EU-Länder	Enthält nur Produktionsleistung von Unternehmen ab i.d.R. 20 Beschäftigte. Ab 2008 nur noch nach WZ2008 verfügbar und bezogen auf neues Basisjahr.
Physische Produktion in Tonnen	Statistisches Bundesamt, Verbände (vdP, VCI, BV Glas, BDZ, Stahl, Metall)	amtlich Verband	Einzelne homogene Produkte	jährlich, i.d.R. seit 1991 (derzeit bis 2008)	Erhebung in Unternehmen Erhebungen der Verbände	Teilweise Abweichungen zwischen Verbandangaben und Angaben des Statistischen Bundesamtes

4.3 Indikatoren

4.3.1 Überblick

Für den Industriesektor wird vorgeschlagen, folgende Indikatoren zu berechnen:

1. Einfache Kennzahlen des Energieverbrauch, bei denen der Energieverbrauch oder die CO₂-Emissionen des Gesamtsektors sowie einzelner Branchen und Produkte/Prozesse auf folgende Aktivitätsgrößen bezogen wird: reale Bruttowertschöpfung, Produktionsindex, physische Produktion in Tonnen (nur für homogene energieintensive Produkte oder Prozesse).
2. Einen Indikator mit Komponentenzerlegung des Energieverbrauchs, bei dem die Entwicklung des Energieverbrauchs zwischen zwei Jahren auf folgende Faktoren zurückgeführt wird: Veränderung der Produktionsleistung (Aktivitätseffekt), Veränderung der strukturellen Zusammensetzung des Industriesektors (Struktureffekt), sonstige Veränderungen, insbesondere die technische Effizienz der Energienutzung (Effizienz- oder Intensitätseffekt). Methodisch wird eine Berechnung auf Grundlage eines so genannten Divisia-Index vorgeschlagen, wie er auch im Odyssee-Projekt der EU verwendet wird (Enerdata 2008).¹⁹
3. Einen re-aggregierten Indikator, bei dem auf Branchenebene ermittelte Effizienzverbesserungen summiert werden. Methodisch wird dabei vorgeschlagen, auf entsprechende Berechnungen eines solchen re-aggregierten Indikators im Rahmen des Odyssee-Projekts der EU, den so genannten "ODEX", zurückzugreifen (Enerdata 2008).
4. Diffusionsindikatoren für einzelne industrielle Querschnittstechniken. Ein genereller Vergleich von Durchschnittsherstellungenergie zu der besten verfügbaren Technik für einzelne Querschnittstechniken ist jedoch aufgrund fehlender Daten sowohl zum durchschnittlichen Energieverbrauch einzelner Fertigungsverfahren oder Systeme zur Bereitstellung von Hilfsenergie (Druckluft, Licht etc.) als auch der besten verfügbarer Technik nicht möglich. Anders als beispielsweise bei den elektrischen Geräten und Anwendungen im Haushaltssektor oder im Bürobereich sind die in der Industrie eingesetzten Systeme sehr vielfältig und deshalb Abgrenzungen bzw. Definitionen von „typischen“ Systemen mit starken Unsicherheiten behaftet. Die Bildung solcher Indikatoren im Industriebereich ist daher nur dort möglich, wo es entweder aufgrund eines bestehenden Labellingsystems bereits einheitliche Definitionen gibt (z.B. bei Elektromotoren, wobei auch hier für die Abschätzung des mittleren Wirkungsgrad der Motoren im Be-

¹⁹ Nach der statistischen Methodenlehre gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, die Entwicklung eines Aggregates – hier des Energieverbrauchs – in seine Faktoren zu legen. Obwohl diese unterschiedlichen Verfahren nach den Kriterien der statistischen Methodenlehre widerspruchsfrei und gleichwertig sind, können sie unterschiedliche Ergebnisse haben und führen somit nicht zu einer mathematisch eindeutigen Lösung. Verbreitete Verfahren sind vor allem der Laspeyres-Index und der Divisia-Index in unterschiedlichen Ausprägungen. Einen umfassenden Überblick über die verschiedenen Methoden der Faktorenanalyse gibt z.B. Diekmann et al. 1999.

stand viele Annahmen notwendig sind) oder wo der Energieverbrauch statistisch erfasst wird (z.B. bei der industriellen KWK durch das Statistische Bundesamt).

Die Berechnung der genannten Indikatoren kann auf einem unterschiedlichen Grad der Unterteilung des Gesamtsektors in Subsektoren (Branchen) oder Produkte bzw. Prozesse erfolgen. Für diese Untersuchung werden folgende Aggregationsebenen vorgeschlagen:

Ebene 1: Industrie insgesamt (in der Abgrenzung der Energiebilanz).

Ebene 2: Industrie unterteilt in 14 Branchen in der Abgrenzung der Energiebilanz.

Ebene 3: Einzelne energieintensive Branchen unterteilt nach einzelnen Produkten und Prozessen (Stahl, Papier, Zement, Glas, Grundstoffchemie, NE-Metalle).

Im Hinblick auf die Unterscheidung einzelner Energieträger wird eine Berechnung der Indikatoren für den Endenergieverbrauch insgesamt und zusätzlich differenziert nach Strom und Brennstoffen/Fernwärme vorgeschlagen. Um in einem weiteren Schritt auch Indikatoren für CO₂ abbilden zu können, werden die Brennstoffe bei der Datenerfassung noch in weitere Energieträger mit unterschiedlichen CO₂-Intensitäten unterteilt (Steinkohlen, Braunkohlen, Mineralöle, Gase, Erneuerbare Energien, Fernwärme)²⁰.

Tabelle 4-5 gibt einen Überblick über die für den Industriesektor vorgeschlagenen Indikatoren und die dahinter stehenden Aggregationsebenen und Abgrenzungen.

²⁰ Wegen der differenzierten Brennstoffeinsatzstruktur mit großen Unterschieden in den CO₂-Intensitäten erfolgt die Berechnung der CO₂-Emissionen im Industriesektor auf der detaillierteren Ebene der Energiebilanz.

Tabelle 4-5 Indikatoren und Aggregationsebenen im Industriesektor

Ebene	Unterteilung Branchen [WZ-Nr.]	Unterteilung Energieverbrauch/CO₂	Indikatoren	Berechnungsmethode
Ebene 1: Industrie gesamt	Industrie gesamt in Abgrenzung der Energiebilanz [WZ D + WZ 10.30, 12, 13, 14 – WZ 23]	Endenergie Strom Brennstoffe /Fernwärme brennstoff- seitige CO ₂ - Emissionen	Energie/Bruttowertschöpfung Energie/Produktionsindex CO ₂ /Bruttowertschöpfung Indikator mit Komponentenzerlegung* re-aggregierter Indikator (ODEX)*	Input-Output-Relation Input-Output-Relation Input-Output-Relation Faktorenzerlegung mit Divisia-Index Kettenindex
Ebene 2: Industrie- branchen in der Ab- grenzung der Ener- giebilanz	Gew. v. Steinen-Erden, sonst. Bergbau [10.30, 12- 14] Ernährung/Tabak [15, 16] Papiergewerbe [21] Grundstoffchemie [24.1] Sonst. Chemie [24 o. 24.1] Gummi/Kunststoff [25] Glas, Keramik [26.1, 26.2, 26.3] Verarb. v. Steinen-Erden [26 o. 26.1, 26.2, 26.3] Metallerz. [27.1] NE-Metalle/-gießereien [27.4, 27.5] Metallbearbeitung [27. o. 27.1, 27.5, 27.5, 28] Maschinenbau [29] Fahrzeugbau [34,35] Sonstige Branchen [17, 18, 19, 20, 30, 31, 32, 33, 36, 37]	Endenergie Strom Brennstoffe /Fernwärme brennstoff- seitige CO ₂ - Emissionen	Energie/Bruttowertschöpfung Energie/Produktionsindex CO ₂ /Bruttowertschöpfung	Input-Output-Relation Input-Output-Relation Input-Output-Relation
Ebene 3: Energiein- tensive Branchen	Eisen- und Stahlerzeugung [27.1], darunter Oxygenstahl, Elektrostahl, Warmwalzerz. Papiererz. [21], darunter Zellstoff, Holzstoff, Pa- pier/Pappe Herst. v. Zement, Kalk, Gips [26.5], darunter Ze- ment, Kalk, Gips Herst. von Glas [26.1], darunter Flach-/Hohlglas NE-Metallerz. [27.4], da- runter Aluminium, Kupfer Grundstoffchemie [24.1], darunter Olefine, Metha- nol, Chlor	Endenergie Strom Brennstoffe /Fernwärme brennstoff- seitige CO ₂ - Emissionen	Energie / physi- sche Produktion CO ₂ /physische Produktion Indikator mit Fak- torenzerlegung	Input-Output-Relation Input-Output-Relation Faktorenzerlegung mit Divisia-Index

* Ausweisung des Indikators für die Ebene 1, Berechnung erfolgt auf Ebene 2.

Die Erstellung der für die Berechnung dieser Indikatoren erforderlichen Datenbasis (Energieverbrauchs- und Aktivitätsdaten) erfolgt dabei in einer sektorspezifischen Excel-Datei. Diese Datei enthält auch die auf Grundlage dieser Daten berechneten Indikatoren. Die für den Industriesektor erfassten Daten und berechneten Indikatoren umfassen für den Industriesektor in der Regel den Zeitraum 1991 bis 2007/2008²¹. Die Excel-Datei kann außerdem für die Fortschreibung der Daten für weitere Jahre verwendet werden.

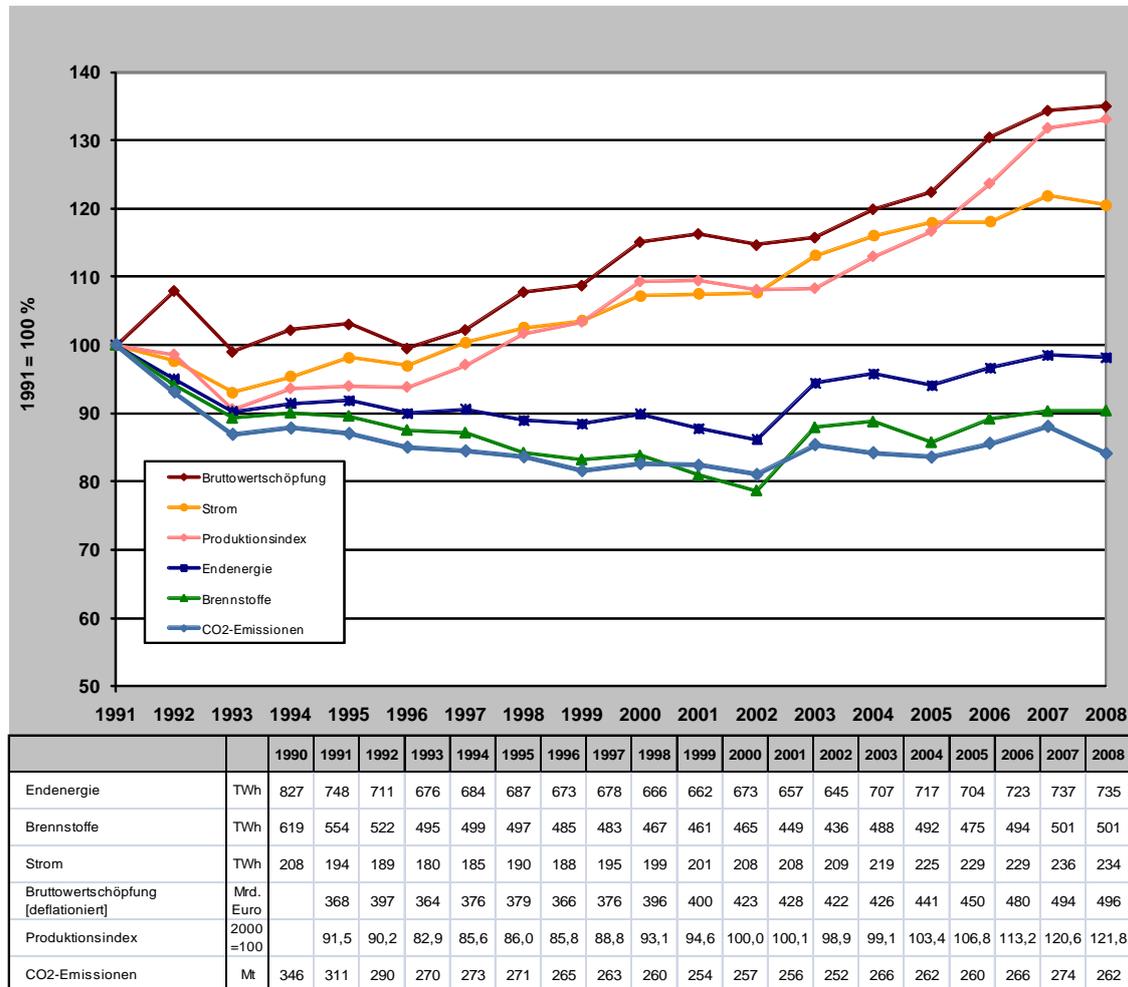
Die tabellarische und grafische Darstellung wichtiger Basisdaten und Indikatoren zum Industriesektor erfolgt zum einen in der im Rahmen dieses Projekts zu erstellenden Broschüre. Zum anderen ist Darstellung aller Daten und Indikatoren in Form von Excel-Tabellen vorgesehen. Nachfolgend werden ausgewählte Daten und Indikatoren für den Industriesektor grafisch und tabellarisch dargestellt und erläutert.

²¹ Die in diesem Zwischenbericht auf der Ebene 2 und 3 für die Industrie berechneten Indikatoren reichen nur bis zum Jahr 2007, da die detaillierte Energiebilanz für Deutschland für das Jahr 2008 derzeit noch nicht verfügbar ist. Die Berechnungen auf der Ebene 1 beinhalten auch das Jahr 2008.

4.3.2 Berechnung von aus der Statistik abgeleiteten Indikatoren

4.3.2.1 Indikatoren auf Ebene 1: Industrie gesamt

Abbildung 4-1 Entwicklung von Energieverbrauch und Wirtschaftsleistung im Sektor Industrie zwischen 1990/1991 und 2008



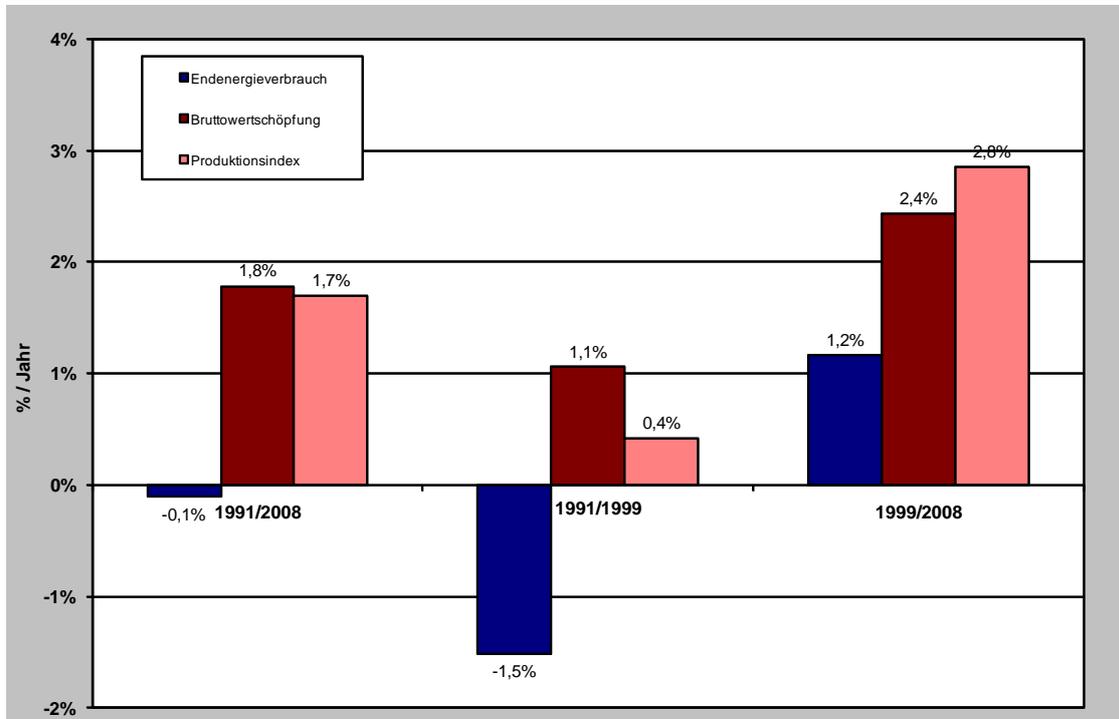
Quelle: AGEb 2009; StBA 2009b, 2009e, 2009f.

Im Hinblick auf die Aktivitätsentwicklung, im Sektor Industrie (1990/1991-2008, Indikatoren ab 1991²²) gemessen durch die reale industrielle Wertschöpfung und den Produktionsindex, war vor allem zwischen 2003 und 2007 ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen (Abbildung 4-1). Der Produktionsindex folgt dabei weitgehend der Entwicklung der Bruttowertschöpfung, jedoch auf niedrigerem Niveau, da hier qualitative Wertsteigerungen in der Güterproduktion weniger zum Ausdruck kommen. Demgegenüber ging der Endenergieverbrauch im Gesamtzeitraum leicht zurück. Auch in Perioden hohen industriellen Wachstums war nur ein leichter Verbrauchsanstieg zu verzeichnen.

²² Daten zur Bruttowertschöpfung und zum Produktionsindex für Gesamtdeutschland weist das Statistische Bundesamt erst ab 1991 aus.

Dies gilt allerdings nur für den Brennstoffverbrauch, während beim Strom – von einzelnen Jahren abgesehen – eine Zunahme zu beobachten war.

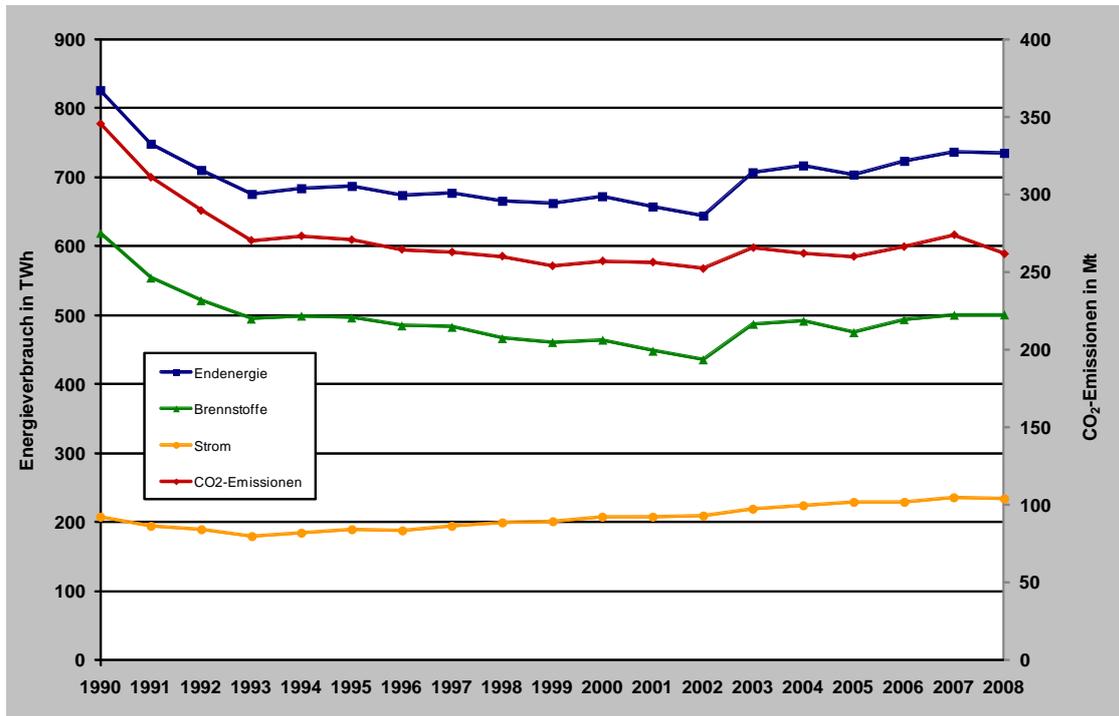
Abbildung 4-2 Jährliche Veränderung von Energieverbrauch und Wirtschaftsleistung im Sektor Industrie zwischen 1991 und 2008



Quelle: AGEB 2009; StBA 2009b, 2009e, 2009f.

Das deutlich stärkere Wirtschaftswachstum in der zweiten Hälfte der Betrachtungsperiode zeigt auch Abbildung 4-2. In diesem Zeitraum war auch wieder ein Anstieg des Endenergieverbrauchs zu beobachten, der jedoch deutlich unter dem Anstieg der Aktivitätsgrößen lag. Über den gesamten Betrachtungszeitraum 1991-2008 ging der Endenergieverbrauch demgegenüber um leicht um 0,1 % pro Jahr zurück. Der deutliche Rückgang des Endenergieverbrauchs in der Periode 1991/1999 war vor allem vereinigungsbedingt und auf den Rückgang von Produktionsleistung und Endenergieverbrauch in den neuen Bundesländern zwischen 1990 und 1993 zurückzuführen.

Abbildung 4-3 Entwicklung von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen im Sektor Industrie

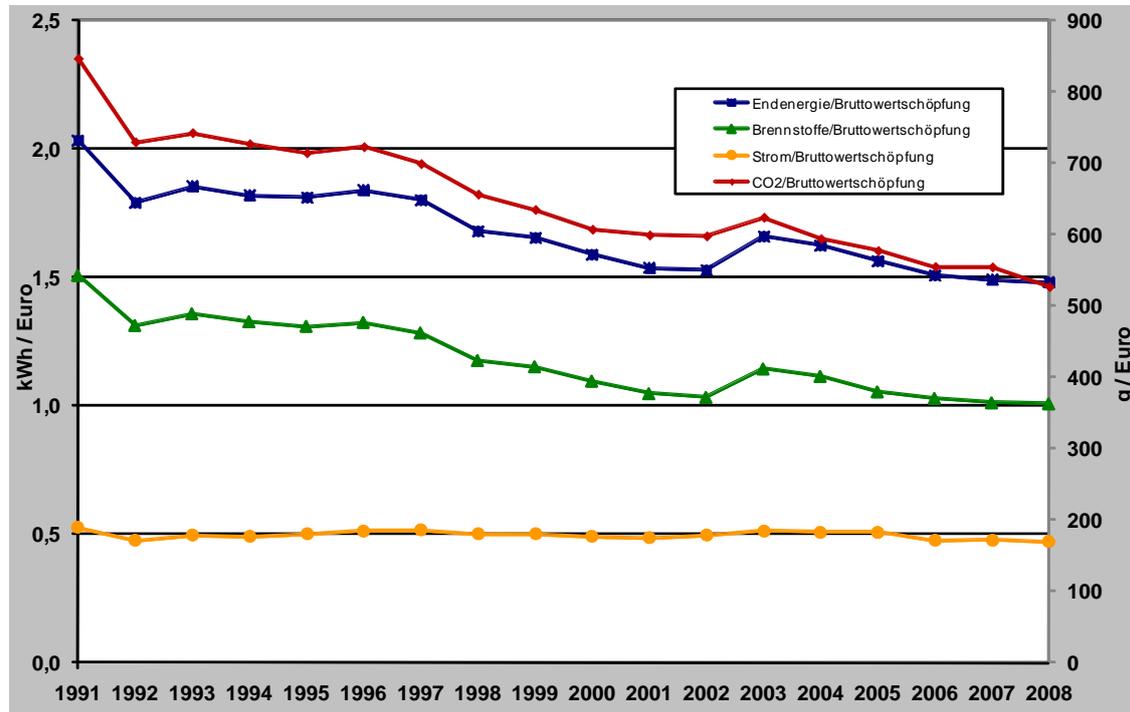


		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Endenergie	TWh	827	748	711	676	684	687	673	678	666	662	673	657	645	707	717	704	723	737	735
Brennstoffe	TWh	619	554	522	495	499	497	485	483	467	461	465	449	436	488	492	475	494	501	501
Strom	TWh	208	194	189	180	185	190	188	195	199	201	208	208	209	219	225	229	229	236	234
CO ₂ -Emissionen	Mt	346	311	290	270	273	271	265	263	260	254	257	256	252	266	262	260	266	274	262

Quelle: AGEb 2009; Berechnungen Fraunhofer ISI.

Der zwischen 1990 und 2000 zu beobachtende Rückgang des Endenergieverbrauchs der Industrie von knapp 827 TWh auf 735 TWh war vor allem auf den Rückgang in den ersten drei Jahren (bis 1993) zurückzuführen und insbesondere bedingt durch die stark rückläufige Industrieproduktion in den neuen Bundesländern (Abbildung 4-3). Danach verlief die Entwicklung relativ konstant, nur unterbrochen von einem Anstieg vor allem zwischen 2002 und 2004. Ein Verbrauchsrückgang war nur bei den Brennstoffen zu beobachten, der in der ersten Hälfte der 1990er Jahre am deutlichsten ausfiel. Der Stromverbrauch zeigte demgegenüber seit Mitte der 1990er Jahre eine ansteigende Entwicklung. Der Verlauf der CO₂-Emissionen folgte grundsätzlich dem Endenergieverbrauch, wobei der Rückgang über den gesamten Betrachtungszeitraum mit rund 25 % etwa doppelt so hoch ausfiel wie bei der Endenergie. Dies war auf die gleichzeitig stattfindende Substitution von CO₂-intensiven Brennstoffen (insbesondere Stein- und Braunkohle) durch weniger CO₂-intensive Energieträger (insbesondere Gase) zurückzuführen. Allein zwischen 1995 und 2006 ging der Anteil der Kohlen am Brennstoffverbrauch von 27 % auf 24 % zurück, der Anteil der Gase stieg von 49 % auf 56 %.

Abbildung 4-4 Entwicklung des Indikators "Energieverbrauch bzw. CO₂ je Einheit Bruttowertschöpfung" in der Industrie

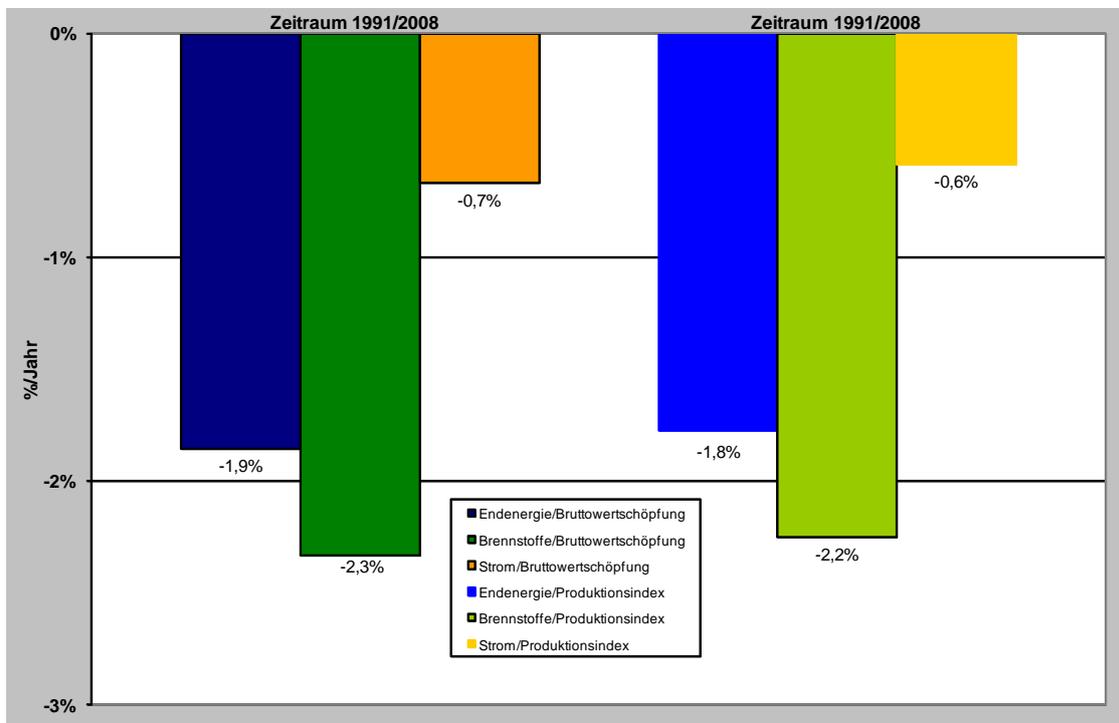


		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Endenergie / Bruttowertschöpfung	kWh/ Euro	2,04	1,79	1,85	1,82	1,81	1,84	1,80	1,68	1,66	1,59	1,54	1,53	1,66	1,63	1,56	1,51	1,49	1,48
Brennstoffe / Bruttowertschöpfung	kWh/ Euro	1,51	1,31	1,36	1,33	1,31	1,33	1,28	1,18	1,15	1,10	1,05	1,03	1,15	1,12	1,06	1,03	1,01	1,01
Strom / Bruttowertschöpfung	kWh/ Euro	0,53	0,48	0,50	0,49	0,50	0,51	0,52	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49	0,51	0,51	0,51	0,48	0,48	0,47
CO ₂ / Bruttowertschöpfung	g/ Euro	846	730	742	727	714	723	699	657	635	607	599	598	624	594	578	555	555	527

Quelle: AGE B 2009; StBA 2009b, 2009e; UBA 2009a; Ziesing 2009; Berechnungen Fraunhofer ISI.

Der auf die Bruttowertschöpfung bezogene Endenergieverbrauch sowie die CO₂-Emissionen je Einheit Bruttowertschöpfung zeigten über den gesamten Zeitraum eine rückläufige Entwicklung (Abbildung 4-4). D.h. es fand eine Entkopplung zwischen industriellem Produktionswachstum und Wachstum des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen statt, die bei den CO₂-Emissionen aufgrund der gleichzeitig stattfindenden Energieträgersubstitution zu Gunsten CO₂-ärmerer Energieträger noch stärker ausfiel als beim Endenergie- und Brennstoffverbrauch. Die Stromintensität ging demgegenüber nur leicht zurück.

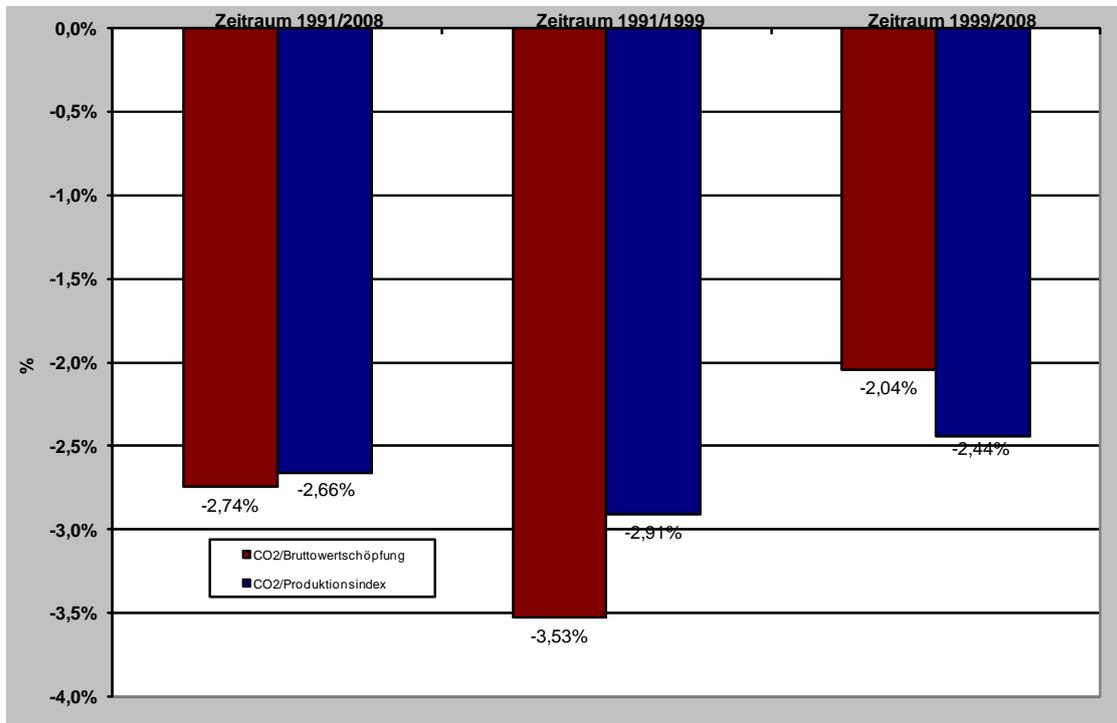
Abbildung 4-5 Veränderung der Indikatoren "Energieverbrauch je Einheit Bruttowertschöpfung" und "Energieverbrauch je Einheit Produktion(sindex)" im Zeitraum 1991-2008



Quelle: AGEB 2009; StBA 2009b, 2009e, 2009f; Berechnungen Fraunhofer ISI.

Vergleicht man die jährliche Veränderung des auf die reale Bruttowertschöpfung und den Produktionsindex bezogenen Energieverbrauchs, so weisen beide Indikatoren im Zeitraum 1991-2008 einen Rückgang auf, der beim auf den Produktionsindex bezogenen Indikator um durchschnittlich 0,1 Prozentpunkte geringer ausfällt (Abbildung 4-5). Die Unterschiede zwischen den beiden Indikatorvarianten mit jeweils unterschiedlichen Aktivitätsgrößen sind damit nur gering. Mit jährlich 2,3 bzw. 2,2 % geht der spezifische Brennstoffverbrauch deutlich stärker zurück als der Endenergieverbrauch. Aber auch beim Strom fällt das Produktionswachstum stärker aus als der Verbrauchsanstieg, so dass der spezifische Stromverbrauch um jährlich rund 0,7 % (bezogen auf die Bruttowertschöpfung) bzw. um 0,6 % (bezogen auf den Produktionsindex) pro Jahr zurückgeht.

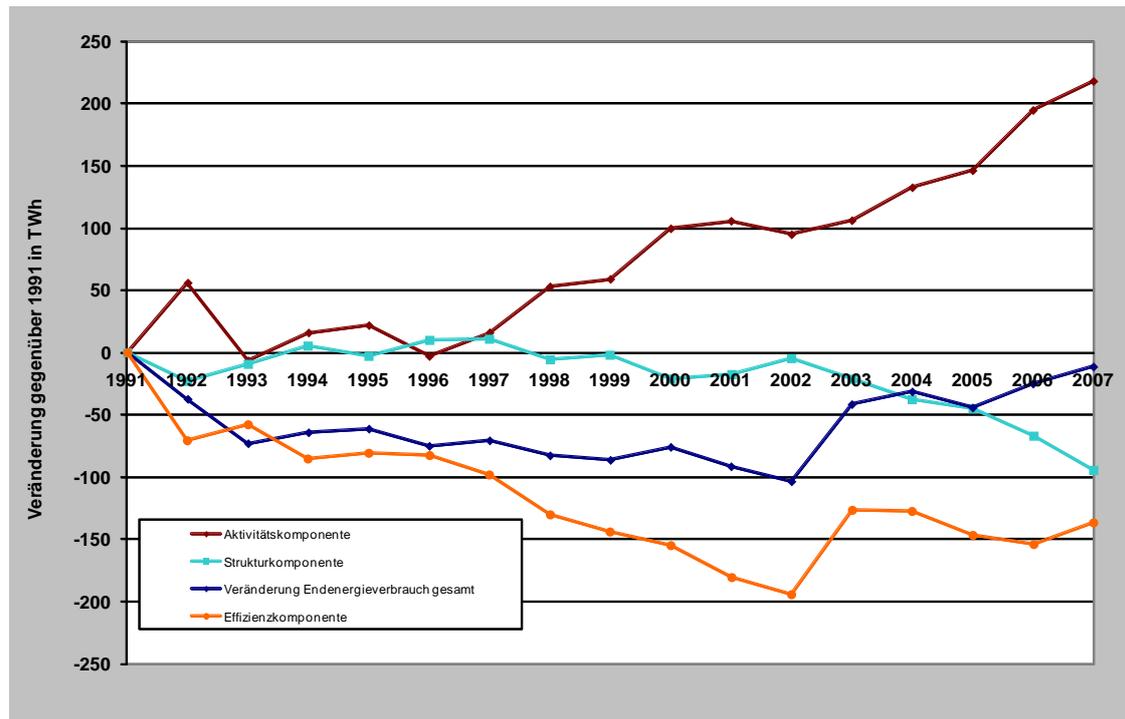
Abbildung 4-6 Veränderung der Indikatoren "CO₂ je Einheit Bruttowertschöpfung" und "CO₂-Emissionen je Einheit Produktion(sindex)" im Zeitraum 1991-2008



Quelle: AGEB 2009; StBA 2009b, 2009e, 2009f; UBA 2009a; Ziesing 2009; Berechnungen Fraunhofer ISI.

Der Rückgang der auf die Bruttowertschöpfung bzw. den Produktionsindex bezogenen CO₂-Emissionen fällt über den gesamten Betrachtungszeitraum 1991-2008 mit rund 2,7 %/a noch deutlich höher aus als bei den spezifischen Energieverbräuchen (Abbildung 4-6). Dies ist auf die gleichzeitig stattfindende Brennstoffsubstitution zu Gunsten CO₂-ärmerer Energieträger zurückzuführen. Wie bei der Energie ist der Unterschied zwischen dem auf die Bruttowertschöpfung und auf den Produktionsindex bezogenen Indikator in der Periode 1991/2008 gering. In den Perioden 1991/1999 und 1999/2008 sind die Abweichungen allerdings größer, wobei kein einheitlicher Trend festzustellen ist. Während in den 1990er Jahren der auf die Bruttowertschöpfung bezogene Indikator stärker zurückgeht, weist im Zeitraum 1999/2008 der auf den Produktionsindex bezogene Indikator den größeren Rückgang auf.

Abbildung 4-7 Komponentenerlegung des Endenergieverbrauchs in der Industrie



Veränderung gegenüber 1991		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Veränderung
Aktivitätskomponente	TWh	0	56	-7	16	22	-3	16	53	59	100	106	95	106	133	147	195	218	29,2%
Strukturkomponente	TWh	0	-23	-9	5	-3	10	11	-5	-2	-21	-17	-4	-21	-37	-45	-67	-94	-12,5%
Effizienzkomponente	TWh	0	-70	-57	-85	-80	-82	-98	-130	-143	-154	-180	-194	-126	-127	-146	-153	-136	-18,2%
Veränderung Endenergieverbrauch gesamt	TWh	0	-37	-73	-64	-61	-75	-70	-82	-86	-76	-91	-103	-41	-31	-44	-25	-11	-1,5%

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI.

Die Veränderung des Energieverbrauchs der Industrie kann in mittels der statistischen Methode der Komponentenerlegung²³ auf folgende Einflusskomponenten zurückgeführt werden, die teilweise einen gegenläufigen Effekt haben (Abbildung 4-7):

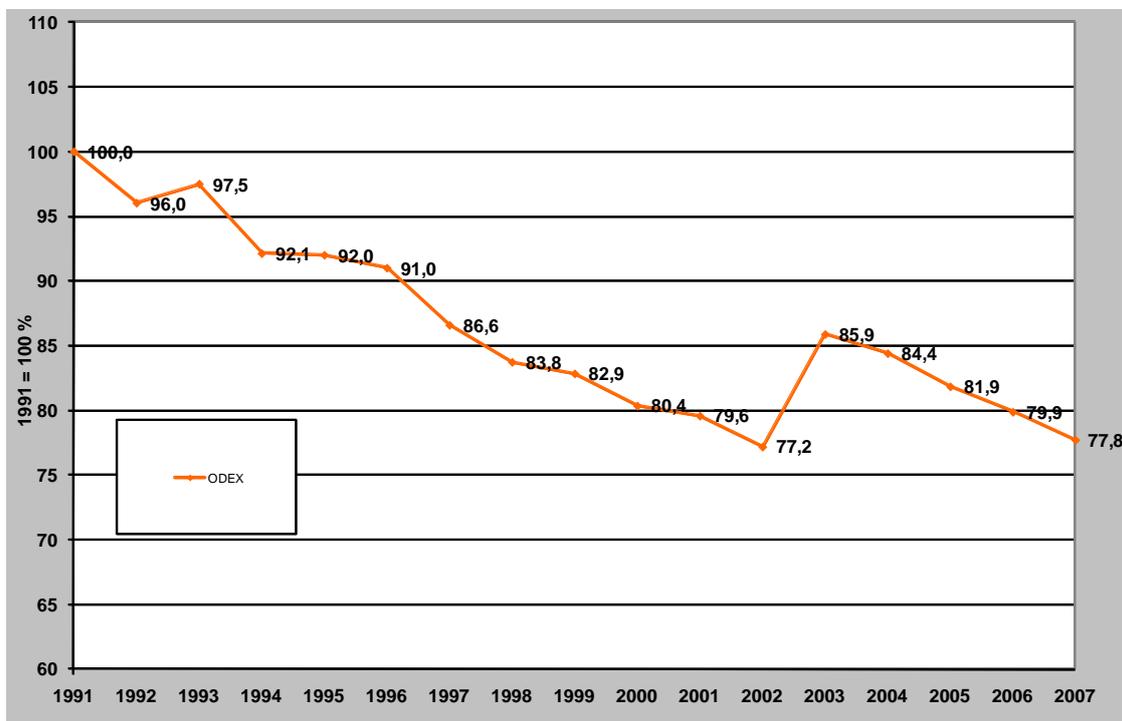
- Die Veränderung der Produktionsleistung, hier gemessen durch die reale Bruttowertschöpfung der Industrie insgesamt (Aktivitätskomponente): diese hatte in den meisten Jahren seit 1991 einen verbrauchssteigernden Einfluss, außer in den Jahren mit negativen Wachstumsraten.
- Die Veränderung der Zusammensetzung des Industriesektors, hier gemessen durch die Anteile einzelner Branche an der realen Bruttowertschöpfung (Strukturkomponente): diese hatte in den 1990er Jahren einen insgesamt geringen, in einzelnen Jahren leicht verbrauchssteigernden Einfluss; in den 2000er Jahren trug der industrielle Strukturwandel überwiegend zu einem Rückgang des

²³ Die hier durchgeführten Berechnungen basieren auf einem Divisia-Index, wie er auch im ODYSSEE-Projekt der EU verwendet wird (Enerdata 2008).

Energieverbrauchs bei, d.h., die überdurchschnittlich energieintensiven Branchen verloren Produktionsanteile.

- Die Veränderung der Energieeffizienz der Produktion, hier gemessen durch den auf die Bruttowertschöpfung bezogenen Energieverbrauch ("Energieintensität") bei konstanter Branchenstruktur des Basisjahres 1991 (Effizienz- oder Intensitätskomponente): diese wirkte sich überwiegend verbrauchsmindernd aus, zwischen 2002 und 2003 war allerdings Anstieg der Energieintensität zu beobachten. Dieser könnte allerdings auch durch die Umstellung der Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes bedingt sein, die zu einem Sprung in der Energieverbrauchsentwicklung führte.

Abbildung 4-8 Re-aggregierter Energieeffizienz-Indikator (ODEX) in der Industrie



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI.

Eine alternative Möglichkeit, den Effizienzfortschritt im Industriesektor zu messen, ist der im Rahmen des ODYSSEE-Projektes der EU²⁴ entwickelte re-aggregierte Energieeffizienzindex (ODEX). In der hier auf Deutschland übertragenen Anwendung misst der Industrie-ODEX die Entwicklung der Energieeffizienz aller Branchen auf der Ebene 2, d.h. der in der nationalen Energiebilanz unterschiedenen Branchen (als Energieverbrauch pro Produktionsindex) und aggregiert diese Entwicklung für den gesamten Industriesektor (Abbildung 4-8). Im Jahr 2007 lag der als Index auf das Basisjahr dargestellte Industrieodex bei 77,8 Punkten. Dies bedeutet eine Verbesserung der Energieeffizienz um 22,2 % bezogen auf das Basisjahr 1991. Überdurchschnittliche Effizienz-

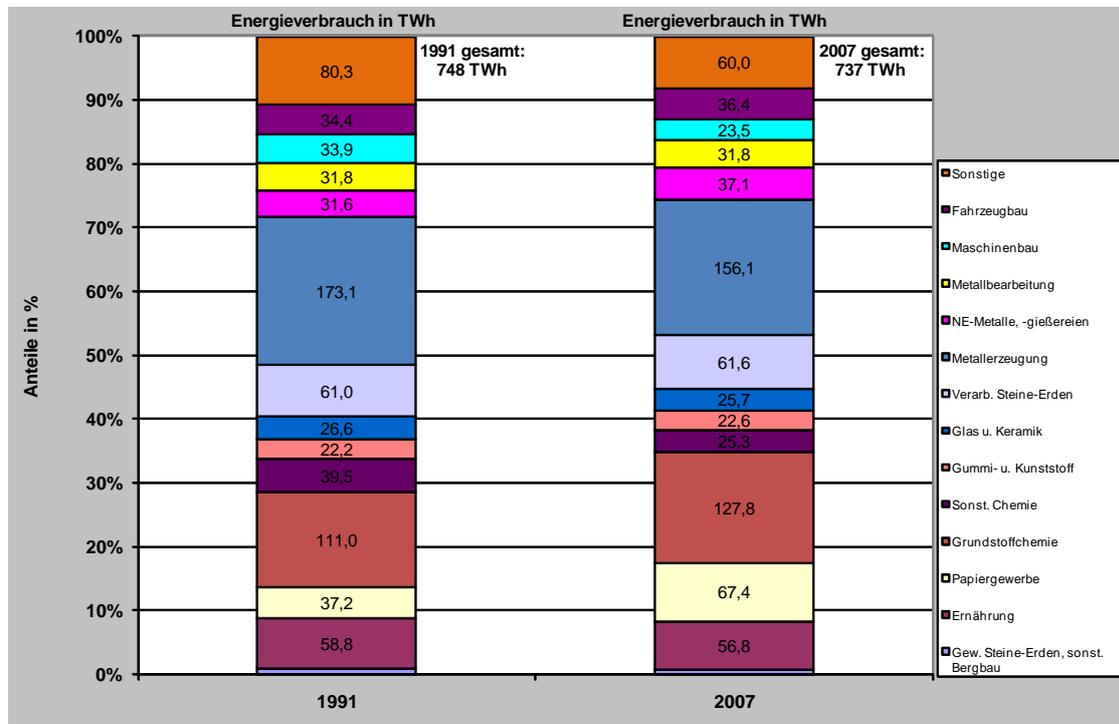
²⁴ www.odyssee-indicators.org

verbesserungen wurden insbesondere in der Chemischen Industrie, dem Maschinenbau und den sonstigen Industriezweigen (z.B. Textilgewerbe) erzielt. Dabei zeigte der ODEX in fast allen Jahren seit 1991 einen kontinuierlichen Rückgang. Ein Anstieg war lediglich 1993 und 2003 zu verzeichnen. Der Anstieg in 1993 war vor allem konjunkturbedingt. Während zwischen 1992 und 1993 der Produktionsindex rezessionsbedingt um 8 % sank, betrug der Rückgang des Endenergieverbrauchs nur rund 5 %. D.h., es gibt einen Basisenergieverbrauch, der bei einem starken Produktionsrückgang wie 1993 kurzfristig nicht vollständig zurückgenommen werden kann. Dies führt kurzfristig zu der beobachteten leichten Verschlechterung der Energieeffizienz in der Industrie. Der deutliche Anstieg des ODEX im Jahr 2003 war demgegenüber auf den hohen in der Energiebilanz ausgewiesenen Zuwachs des Endenergieverbrauchs von rund 10 % gegenüber 2002 zurückzuführen, der wohl im Wesentlichen durch die Umstellung der Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes bedingt war.

Vergleicht man den Energieeffizienzindex ODEX (Abbildung 4-8) mit der mittels des Divisia-Index berechneten Effizienzkomponente der Veränderung des Energieverbrauchs (Abbildung 4-7), so zeigt der ODEX im Vergleichszeitraum 1991-2007 eine Effizienzverbesserung von 22,2 %, während die Effizienzkomponente nur eine Verbesserung von 18,2 % ausweist. Mit dem ODEX wird der Energieeffizienzfortschritt damit insgesamt etwas stärker eingeschätzt als mit der Methode der Komponentenzzerlegung.

4.3.2.2 Indikatoren auf Ebene 2: Industriebranchen in Abgrenzung der Energiebilanz

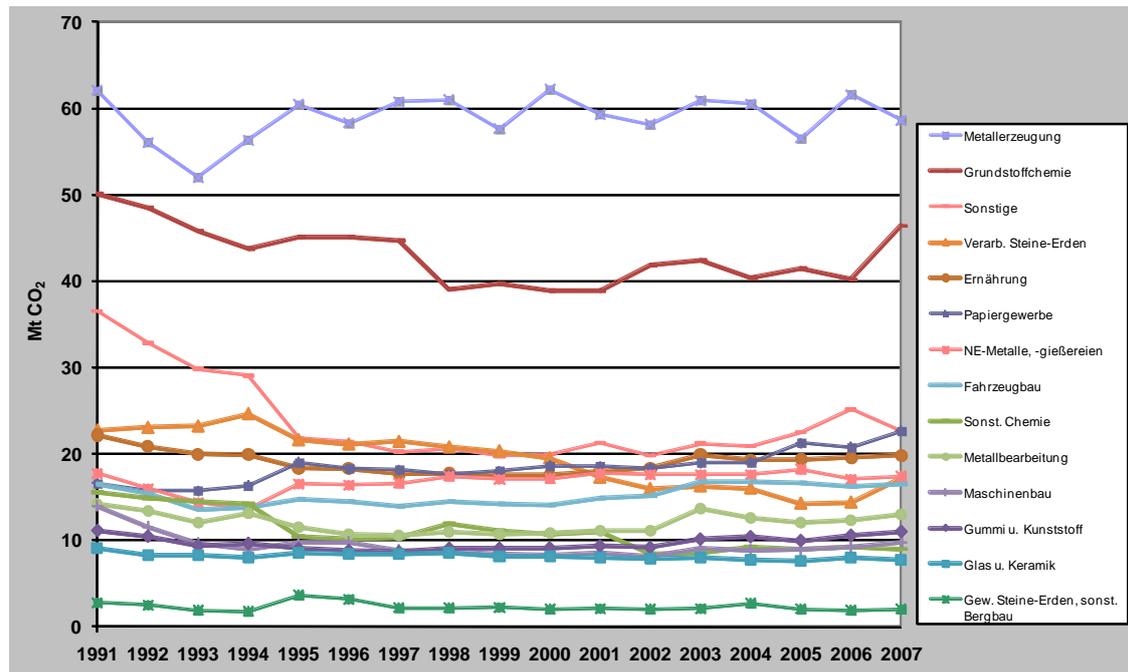
Abbildung 4-9 Anteile einzelner Industriezweige am Endenergieverbrauch der Industrie



Quelle: AGEB 2009.

Im Jahr 2007 entfielen knapp 69 % des Endenergiebedarfs der Industrie auf folgende energieintensive Branchen: Metallerzeugung, Grundstoffchemie, Papiergewerbe, Steine-Erden-Industrie, NE-Metalle sowie Ernährungsgewerbe (Abbildung 4-9). Verglichen mit 1991 hat sich deren Anteil, bei insgesamt leicht rückläufigen Energiebedarfs der Industrie, noch um rund 5 Prozentpunkte erhöht. Dies war vor allem auf den überdurchschnittlichen Verbrauchsanstieg der Grundstoffchemie (von 111 auf 128 TWh), der NE-Metallindustrie (von knapp 32 auf 37 TWh) sowie des Papiergewerbes (von 37 auf über 67 TWh) zurückzuführen.

Abbildung 4-10 Entwicklung der CO₂-Emissionen einzelner Industriezweige



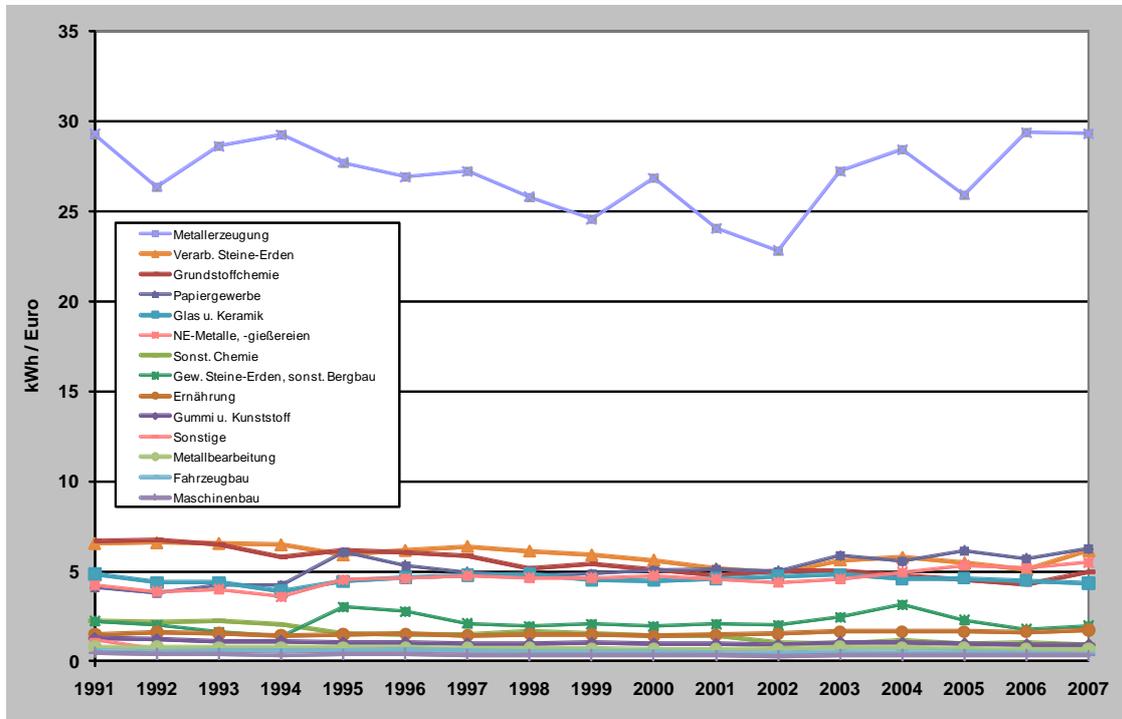
CO ₂ -Emissionen		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gew. Steine-Erden, sonst. Bergbau	Mt	2,8	2,6	1,9	1,8	3,7	3,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,7	2,1	1,9	2,0
Ernährung	Mt	22,2	20,9	20,0	20,0	18,4	18,3	17,7	17,8	17,7	17,5	18,0	18,3	19,9	19,3	19,4	19,6	19,8
Papiergewerbe	Mt	16,6	15,8	15,8	16,4	19,1	18,3	18,2	17,6	18,0	18,6	18,5	18,4	19,0	19,1	21,3	20,8	22,7
Grundstoffchemie	Mt	50,1	48,5	45,8	43,8	45,1	45,1	44,7	39,1	39,7	38,9	38,9	41,9	42,4	40,4	41,5	40,2	46,4
Sonst. Chemie	Mt	15,5	14,9	14,5	14,3	10,5	10,1	10,4	11,9	11,1	10,7	11,0	8,4	8,5	9,2	8,9	9,3	9,0
Gummi- u. Kunststoff	Mt	11,1	10,5	9,4	9,7	9,1	8,9	8,7	9,1	9,1	9,1	9,4	9,2	10,1	10,4	10,0	10,6	11,0
Glas u. Keramik	Mt	9,1	8,3	8,2	8,0	8,5	8,4	8,4	8,5	8,1	8,1	8,1	7,9	8,0	7,7	7,6	8,0	7,8
Verarb. Steine-Erden	Mt	22,8	23,1	23,2	24,7	21,6	21,2	21,4	20,8	20,4	19,5	17,3	16,0	16,3	16,0	14,3	14,4	17,2
Metallerzeugung	Mt	62,1	56,1	52,0	56,3	60,4	58,3	60,8	61,0	57,6	62,2	59,3	58,2	60,9	60,5	56,6	61,6	58,6
NE-Metalle, -gießereien	Mt	17,8	16,0	14,4	13,6	16,5	16,4	16,7	17,5	17,1	17,2	17,8	17,7	17,6	17,6	18,2	17,1	17,5
Metallbearbeitung	Mt	14,2	13,4	12,1	13,1	11,6	10,8	10,6	11,0	10,7	10,9	11,2	11,1	13,8	12,6	12,1	12,3	13,0
Maschinenbau	Mt	14,0	11,6	9,7	8,9	9,8	9,8	8,9	8,8	8,4	8,3	8,6	8,2	9,2	8,9	9,0	9,2	9,8
Fahrzeugbau	Mt	16,5	15,4	13,6	13,8	14,7	14,5	14,0	14,5	14,2	14,1	14,9	15,1	16,7	16,8	16,7	16,2	16,6
Sonstige	Mt	36,6	32,9	29,9	29,1	21,8	21,5	20,3	20,6	19,8	19,9	21,3	19,8	21,2	20,9	22,5	25,2	22,7

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI aus AGEB 2009, UBA 2009a, Ziesing 2009.

Die oben genannten energieintensiven Branchen weisen auch die weitaus höchsten CO₂-Emissionen innerhalb der Industrie auf (Abbildung 4-10). Die höchsten CO₂-Emissionen emittieren dabei die Metallerzeugung und die Grundstoffchemie. Während die CO₂-Entwicklung in der Metallerzeugung fluktuierend verlief und seit 1991 um 60 Mt schwankte, war in der Grundstoffchemie in den 1990er Jahren ein kontinuierlicher Rückgang und danach bis 2006 nahezu eine Stagnation zu beobachten. Der An-

stieg der CO₂-Emissionen in 2007 war vor allem auf den wachstumsbedingt deutlichen Anstieg des Gas- und Stromverbrauchs in diesem Jahr zurückzuführen.

Abbildung 4-11 Entwicklung des Indikators "Energieverbrauch je Einheit Bruttowertschöpfung" für einzelne Industriebranchen



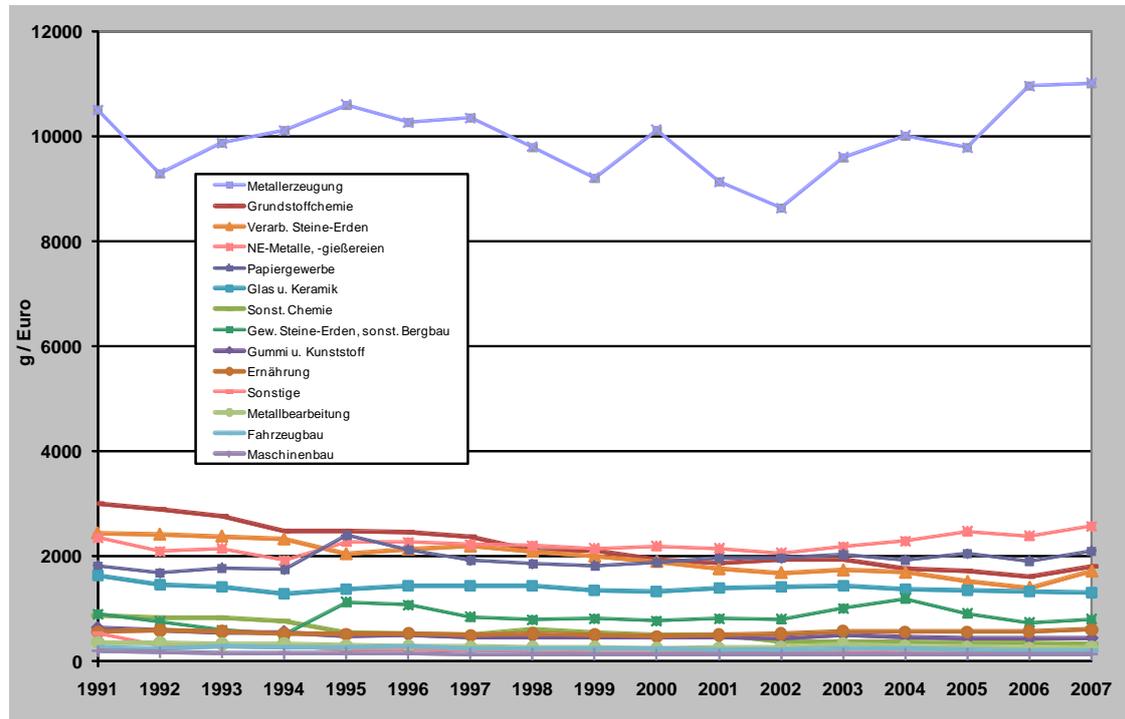
Endenergieverbrauch / Bruttowertschöpfung		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gew. Steine-Erden, sonst. Bergbau	kWh/Euro	2,23	2,00	1,64	1,38	3,01	2,76	2,10	1,94	2,07	1,96	2,09	2,01	2,46	3,16	2,29	1,80	1,97
Ernährung	kWh/Euro	1,50	1,60	1,55	1,45	1,48	1,53	1,45	1,52	1,49	1,39	1,47	1,54	1,66	1,65	1,66	1,64	1,74
Papiergewerbe	kWh/Euro	4,11	3,82	4,22	4,22	6,07	5,35	4,97	4,74	4,87	5,05	5,14	5,01	5,88	5,56	6,15	5,73	6,27
Grundstoffchemie	kWh/Euro	6,67	6,73	6,52	5,82	6,18	6,07	5,86	5,17	5,42	5,11	4,78	5,04	5,02	4,77	4,55	4,28	4,99
Sonst. Chemie	kWh/Euro	2,24	2,17	2,23	2,03	1,52	1,47	1,50	1,71	1,55	1,40	1,41	1,02	0,98	1,15	0,98	1,04	0,93
Gummi- u. Kunststoff	kWh/Euro	1,28	1,23	1,14	1,14	1,04	1,05	0,99	1,00	1,02	0,98	0,97	0,91	1,07	1,02	0,98	0,93	0,92
Glas u. Keramik	kWh/Euro	4,84	4,37	4,37	3,90	4,44	4,66	4,78	4,86	4,52	4,50	4,60	4,73	4,83	4,59	4,62	4,48	4,34
Verarb. Steine-Erden	kWh/Euro	6,56	6,60	6,56	6,48	5,92	6,17	6,39	6,13	5,91	5,63	5,14	4,89	5,64	5,78	5,47	5,10	6,16
Metallerzeugung	kWh/Euro	29,3	26,4	28,6	29,3	27,7	26,9	27,2	25,8	24,6	26,9	24,1	22,8	27,2	28,4	25,9	29,4	29,3
NE-Metalle, -gießereien	kWh/Euro	4,22	3,89	3,99	3,59	4,54	4,61	4,76	4,65	4,63	4,77	4,59	4,40	4,58	4,96	5,32	5,18	5,50
Metallbearbeitung	kWh/Euro	0,82	0,81	0,77	0,78	0,78	0,77	0,74	0,72	0,71	0,68	0,67	0,70	0,82	0,78	0,74	0,68	0,68
Maschinenbau	kWh/Euro	0,49	0,42	0,40	0,36	0,39	0,41	0,37	0,34	0,35	0,32	0,32	0,31	0,37	0,35	0,35	0,34	0,33
Fahrzeugbau	kWh/Euro	0,57	0,54	0,62	0,58	0,62	0,65	0,57	0,54	0,55	0,55	0,49	0,50	0,54	0,56	0,54	0,48	0,44
Sonstige	kWh/Euro	1,17	0,69	0,68	0,67	0,53	0,55	0,54	0,48	0,44	0,40	0,44	0,41	0,48	0,46	0,52	0,52	0,42

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI basierend auf AGE B 2009; StBA 2009b, 2009e.

Wie bei den CO₂-Emissionen weist die Metallerzeugung den mit Abstand höchsten spezifischen, d.h. auf die Bruttowertschöpfung bezogenen Energieverbrauch auf, der

im Zeitablauf größere Schwankungen aufwies (Abbildung 4-11). Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass innerhalb der Branche die Rohstahlerzeugung den Energieverbrauch der Gesamtbranche dominiert und auch die Entwicklung der Energieintensität von den Schwankungen der Rohstahlproduktion beeinflusst wird. 2007 lag die Endenergieintensität der Metallherzeugung exakt auf dem gleichen Niveau wie 1999. Demgegenüber war in der zweiten den Endenergieverbrauch der Industrie dominierenden Branche, der Grundstoffchemie, ein deutlicher Rückgang der auf die Bruttowertschöpfung bezogenen Energieintensität zu beobachten. D.h., hier war der beobachtete Anstieg des absoluten Energieverbrauchs (Abbildung 4-9) allein auf das überdurchschnittliche Produktionswachstum zurückzuführen. Sowohl im Papiergewerbe als auch in der NE-Metallindustrie stieg die Energieintensität dagegen deutlich an. In allen weniger energieintensiven Branchen hingegen ein kontinuierlicher Rückgang des auf die Bruttowertschöpfung bezogenen Energieverbrauchs festzustellen, allerdings auf deutlich niedrigerem Niveau als in den oben genannten energieintensiven Industriezweigen.

Abbildung 4-12 Entwicklung des Indikators "CO₂-Emissionen je Einheit Bruttowertschöpfung" für einzelne Industriebranchen



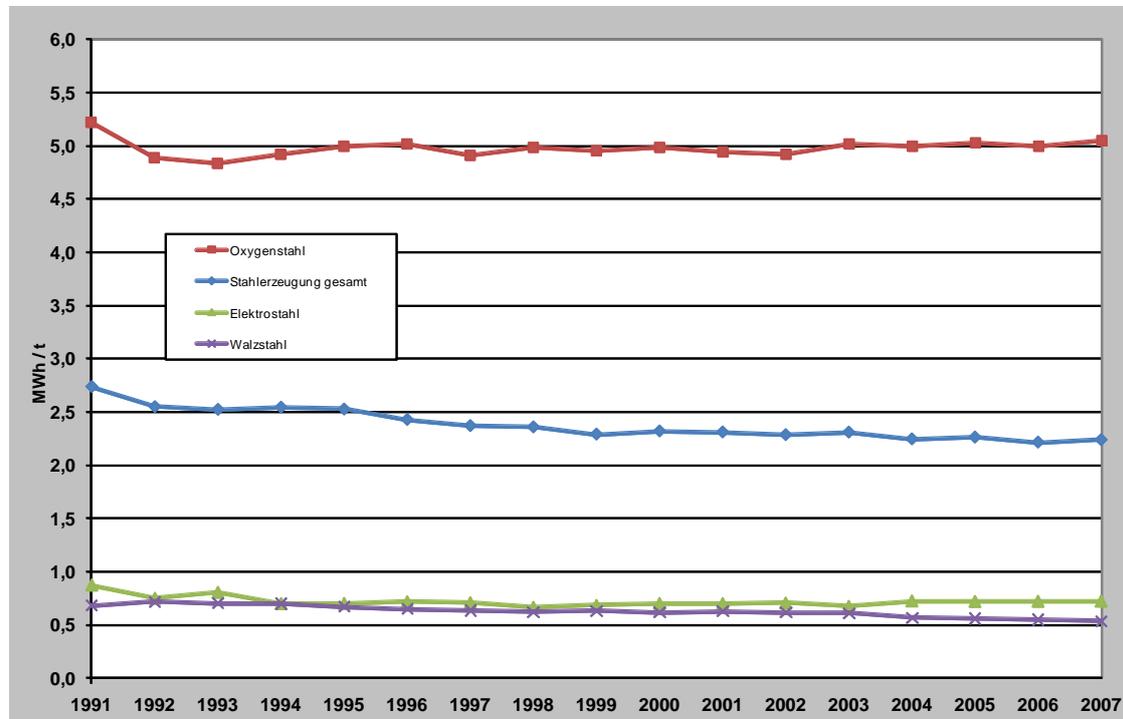
CO ₂ -Emissionen / Bruttowertschöpfung		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gew. Steine-Erden, sonst. Bergbau	g/ Euro	904	764	605	515	1136	1082	855	794	818	771	824	804	1013	1202	912	741	810
Ernährung	g/ Euro	567	596	574	533	525	539	500	530	511	478	513	535	582	567	570	572	608
Papiergewerbe	g/ Euro	1835	1686	1788	1751	2403	2132	1931	1863	1827	1899	1967	1967	2044	1935	2062	1912	2110
Grundstoffchemie	g/ Euro	3010	2891	2777	2489	2496	2468	2374	2126	2127	1943	1875	1954	1949	1762	1726	1619	1812
Sonst. Chemie	g/ Euro	881	836	830	764	547	522	519	609	560	503	501	372	371	379	350	353	333
Gummi- u. Kunststoff	g/ Euro	642	604	562	563	499	502	467	475	476	457	469	445	501	474	443	437	447
Glas u. Keramik	g/ Euro	1645	1470	1428	1283	1369	1435	1448	1454	1351	1336	1391	1418	1446	1373	1363	1329	1312
Verarb. Steine-Erden	g/ Euro	2449	2424	2388	2334	2052	2136	2196	2101	2004	1904	1764	1693	1741	1695	1522	1410	1721
Metallerzeugung	g/ Euro	10506	9307	9876	10123	10610	10276	10356	9800	9219	10129	9140	8646	9606	10026	9790	10969	11024
NE-Metalle, -gießereien	g/ Euro	2367	2098	2153	1928	2286	2277	2233	2208	2158	2201	2159	2067	2186	2299	2483	2399	2585
Metallbearbeitung	g/ Euro	365	360	336	347	308	300	285	282	270	258	264	276	337	300	288	264	279
Maschinenbau	g/ Euro	202	177	168	155	161	166	150	142	143	133	135	133	151	142	141	139	139
Fahrzeugbau	g/ Euro	276	258	286	275	281	285	248	242	243	246	223	229	240	241	232	208	198
Sonstige	g/ Euro	535	309	304	300	225	235	227	200	182	164	186	176	185	170	179	184	159

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI basierend auf AGEB 2009, UBA 2009a, Ziesing 2009, StBA 2009b, 2009e.

Die Entwicklung der CO₂-Intensität der Branchen des Verarbeitenden Gewerbes (Abbildung 4-12), d.h. der auf die Bruttowertschöpfung bezogenen CO₂-Emissionen, verläuft ähnlich wie die in Abbildung 4-11 dargestellte Energieintensität.

4.3.2.3 Indikatoren auf der Ebene 3: Energieintensive Branchen

Abbildung 4-13 Entwicklung des Energieverbrauchs pro Tonne Stahl in der Eisen- und Stahlindustrie

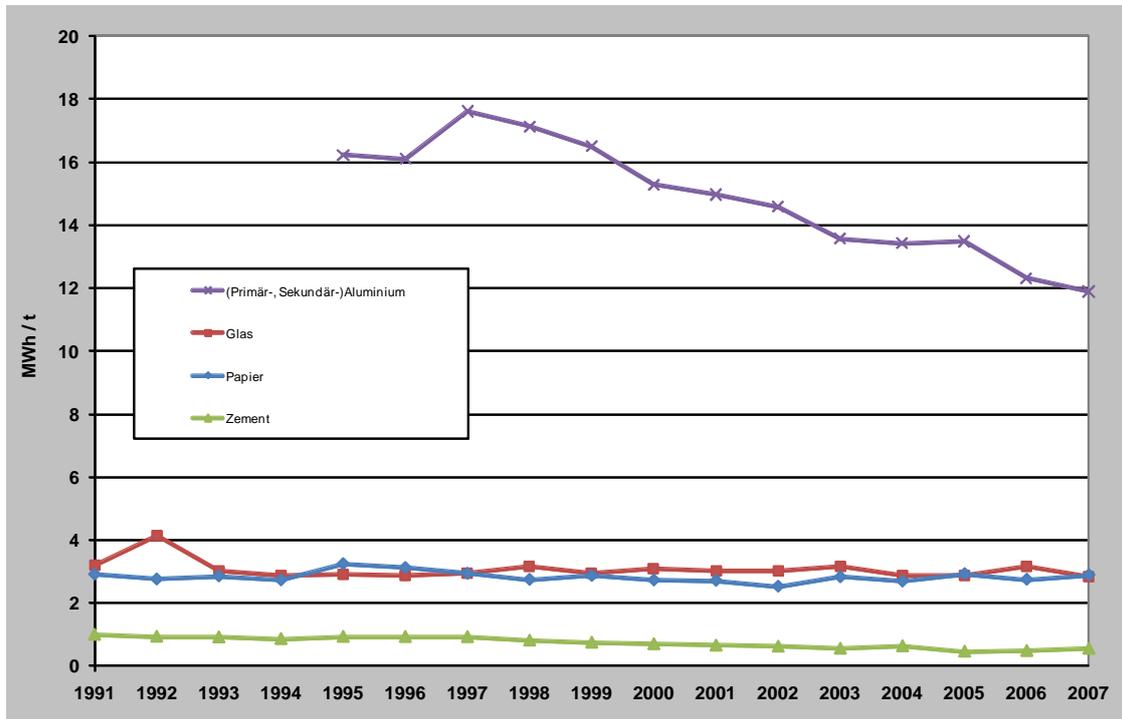


Endenergieverbrauch / Tonne		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Stahlerzeugung gesamt	MWh/t		2,10	2,06	2,05	2,03	2,02	1,94	1,88	1,87	1,80	1,81	1,80	1,79	1,84	1,70	1,73	1,69	1,70
Oxygenstahl	MWh/t		3,57	3,55	3,55	3,57	3,62	3,63	3,52	3,59	3,55	3,51	3,49	3,49	3,67	3,43	3,45	3,43	3,44
Elektrostahl	MWh/t		0,86	0,77	0,78	0,66	0,67	0,67	0,67	0,62	0,62	0,66	0,66	0,65	0,64	0,67	0,67	0,67	0,67
Walzstahl	MWh/t		0,91	0,93	0,91	0,89	0,86	0,82	0,80	0,78	0,76	0,76	0,76	0,75	0,72	0,68	0,70	0,69	0,67

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI basierend auf StBA 2008I, Wirtschaftsv. Stahl 2008.

Die Branche mit der weitaus höchsten Energieintensität, auf die die im Jahr 2007 über ein Fünftel des industriellen Energiebedarfs entfiel, ist die Eisen- und Stahlerzeugung. Bei der Rohstahlproduktion entfällt dabei knapp 70 % auf das brennstoffintensive Oxygenstahlverfahren und gut 30 % auf das stromintensive Elektrostahlverfahren. Hinzu kommt die Produktion von Warmwalzprodukten, deren Energieintensität – bezogen auf die Tonne – ähnlich liegt wie die Herstellung von Elektrostahl. Der spezifische Energieverbrauch in den einzelnen Prozessen ist in dem Zeitraum von 1993 bis 2007 nahezu unverändert geblieben (Abbildung 4-13). Die höheren Verbrauchswerte in den Jahren 1991 und 1992 lassen sich auf die Zusammenlegung der Statistiken für die alten und neuen Bundesländer zurückführen bzw. den in den neuen Bundesländern vergleichsweise alte Anlagenbestand. Der spezifische Energieverbrauch je Tonne Stahl die in Deutschland produziert wurde, konnte in dem betrachteten Zeitraum um gut 18% reduziert werden. Diese Reduzierung ist auf den steigenden Anteil von Elektrostahl gegenüber der Produktion von Oxygenstahl zurückzuführen.

Abbildung 4-14 Entwicklung des Energieverbrauchs pro Tonne einzelner energieintensiver Produkte



Endenergieverbrauch / Tonne		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Papier	MWh/t	2,91	2,76	2,85	2,73	3,25	3,12	2,94	2,74	2,87	2,72	2,71	2,53	2,83	2,69	2,93	2,75	2,89
Glas	MWh/t	3,21	4,15	3,04	2,87	2,91	2,89	2,96	3,15	2,95	3,08	3,01	3,03	3,16	2,89	2,86	3,16	2,86
Zement	MWh/t	1,00	0,94	0,92	0,87	0,94	0,93	0,93	0,82	0,75	0,70	0,65	0,62	0,55	0,63	0,46	0,48	0,55
(Primär-, Sekundär-)Aluminium	MWh/t					16,22	16,10	17,61	17,13	16,51	15,29	14,97	14,58	13,57	13,43	13,49	12,31	11,90

Quelle: StBA 2008k; BDZ 2008, BV Glas 2008, WVM 2008; Berechnungen Fraunhofer ISI.

Einen weit überdurchschnittlichen spezifischen Energieverbrauch pro Tonne weist auch die Aluminiumherstellung auf (Abbildung 4-14). Der hier zu beobachtende spezifische Verbrauchsrückgang war vor allem auf die Substitution des sehr energieintensiven Primär- durch Sekundäraluminium zurückzuführen: zwischen 1991 und 2007 stieg die Herstellung von Sekundäraluminium von 0,5 auf 0,8 Millionen Tonnen, während die Primäraluminiumproduktion von 0,7 auf gut 0,5 Millionen Tonnen zurückging (WVM 2008). Ein weiteres Produkt, dessen Erzeugung mit einem hohen Energie- und insbesondere Brennstoffverbrauch verbunden ist, ist Zement, dessen spezifischer Energieverbrauch sich zwischen 1991 und 2007 nahezu halbierte. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes (StBA 2008k) nicht die energetisch genutzten Abfälle wie Altreifen etc. erfasst, die bei der Zementherstellung eine große Rolle spielen und zunehmend konventionelle Brennstoffe ersetzt haben. Bei der Papierherzeugung lag der Energieverbrauch pro Tonne 2007 auf dem gleichen Niveau wie 1991, bei der Glasproduktion war ein moderater spezifischer Verbrauchsrückgang von 11 % über den gesamten Betrachtungszeitraum zu beobachten.

4.3.3 Diffusionsindikatoren

Empirische Daten zur Diffusion bzw. Verbreitung energieeffizienter Technologien sind eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung und Evaluierung von politischen Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz. Sie erlauben sowohl einen Überblick über verbleibende Einsparpotenziale als auch eine (ex-post und ex-ante) Evaluierung von Effizienzmaßnahmen. Darauf aufbauend hilft das Wissen um die Gründe für eine langsame oder abgebrochene Marktdiffusion, adäquate Förderinstrumente zu erarbeiten.

Insbesondere zur Diffusion von energieeffizienten Technologien und Verfahren in der Industrie ist bisher nur sehr wenig Wissen vorhanden. Als Gründe lassen sich zum einen die sehr heterogene Struktur der Industrie und die damit verbundene Schwierigkeit, einzelne bedeutende Technologien zu identifizieren, und zum anderen die Zurückhaltung von Unternehmen, Informationen und Daten bereitzustellen, nennen.

Als eines der wenigen verfügbaren Beispiele für Diffusionsindikatoren in der Industrie kann die jährliche Veröffentlichung von CEMEP (2009) zu den Marktanteilen energieeffizienter Elektromotoren in Europa genannt werden. Marktanteile von energieeffizienten Technologien stellen einen einfachen Diffusionsindikator dar, der es bei langen Zeitreihen auch zulässt, Abschätzungen zur Verbreitung der Technologie im Bestand zu erstellen, welches die im Hinblick auf den Energieverbrauch relevantere Größe ist.

In diesem Kapitel sollen daher auch interessante Techniken identifiziert werden, welche in Zukunft weiter verfolgt werden können und zu denen eine Datenerhebung sinnvoll wäre. Da für die Marktanteile von Elektromotoren bereits regelmäßig Daten erhoben werden, wird im Folgenden besonders auf diese eingegangen. Auch für Frequenzumrichter, Recycling und industrielle KWK werden die verfügbaren Daten beschrieben und eine Bildung von Indikatoren diskutiert.

4.3.3.1 Elektromotoren

Obwohl eine große Vielfalt an Motortypen auf dem Markt verfügbar ist, haben sich die relativ effizienten und günstigen Drehstrom Asynchronmotoren als Standard etabliert und machen nach Schätzungen von Almeida et al. (2008) ungefähr 80% des gesamten Stromverbrauchs von Elektromotoren aus. Andere Motortypen sind meistens in Nischenanwendungen mit besonderen Anforderungen zu finden.

Der Wirkungsgrad von Elektromotoren hängt unter anderem von der Leistungsklasse des jeweiligen Motors ab. So erreichen die derzeit effizientesten auf dem Markt erhältlichen Asynchronmotoren in der Größenklasse über 100 kW einen Wirkungsgrad von 95 %, während kleinere Motoren nur noch 90 % (bei ca. 10 kW) erreichen und in der Leistungsklasse unter 1 kW selbst 80 % schon als effizient gilt. Obwohl der Wirkungsgrad von Motoren somit schon relativ hoch ist, führen weitere (kleine) Verbesserungen wegen des riesigen Bestands an Motoren zu beträchtlichen absoluten Einsparungen (etwa 70% des Stromverbrauchs der Industrie geht auf Elektromotoren zurück).

Folglich sind insbesondere bei Motoren kleiner Leistungsklasse noch größere Einsparpotenziale vorhanden. Für den Leistungsbereich bis zu einigen kW weisen Permanentmagnetmotoren einen deutlich höheren Wirkungsgrad auf als Asynchronmotoren

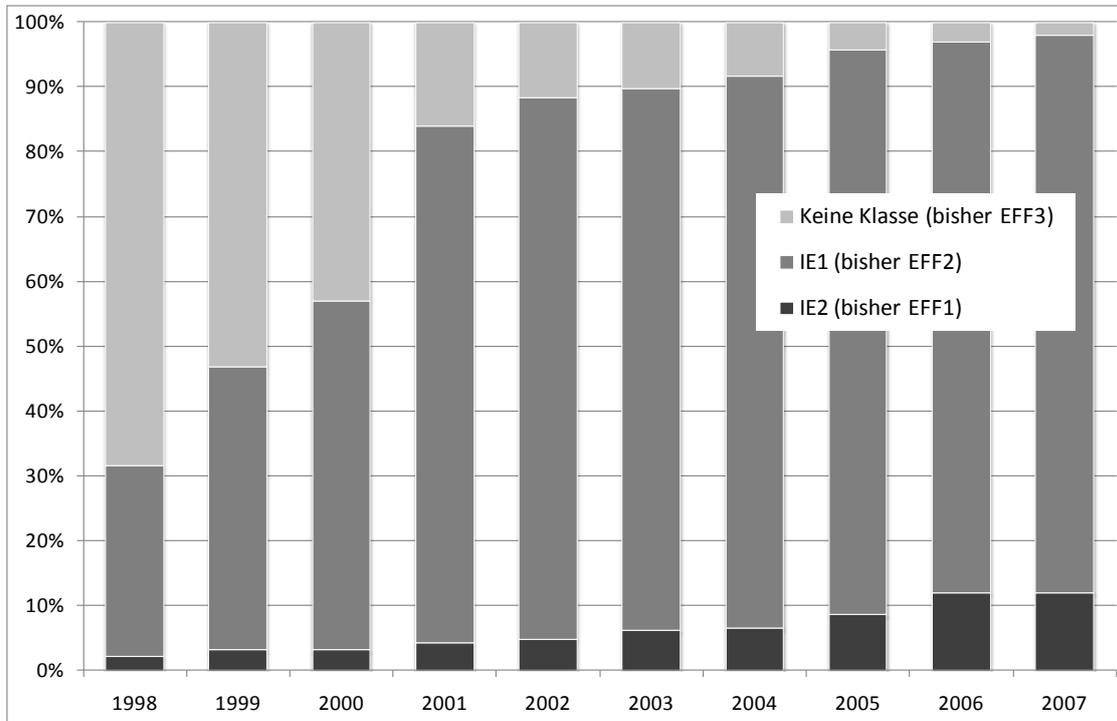
auf. Durch den Einsatz von Dauermagneten im Rotor entfallen die Verluste durch die elektrische Erregung der Rotorwicklung, wie sie beim Asynchronmotor auftreten.

Um den Wirkungsgrad von Asynchronmotoren zu verbessern wird bereits begonnen einen Kupfer- anstatt eines Aluminiumläufers zu verwenden und dadurch der elektrische Widerstand reduziert. Der Einsatz von Kupfer ist allerdings mit deutlichen Mehrkosten verbunden und in den kleinen Leistungsklassen ist der Permanentmagnetmotor weiterhin effizienter (Lindegger et al. 2006).

Um den Marktanteil effizienter Motoren zu erhöhen trat 1999 die freiwillige Selbstverpflichtung der Europäischen Motorenhersteller in Kraft (CEMEP Vereinbarung). Diese teilt Motoren anhand ihres Wirkungsgrades in drei Klassen. Mit Eff1 sind die effizientesten und mit Eff3 die Motoren mit niedrigstem Wirkungsgrad bezeichnet. Ziel der Vereinbarung war es, die ineffizienten Eff3 Motoren, welche 1998 noch einen Marktanteil von 68 % hatten, aus dem Markt zu drängen. Mit einem derzeitigen Marktanteil von etwa 2 % wurde dieses Ziel erreicht. Jedoch wurden die Eff3 Motoren vorwiegend durch Eff2 Motoren ersetzt und die noch effizienteren Eff1 Motoren weisen mit 12 % noch immer niedrige Marktanteile auf.

Um die Einhaltung der Selbstverpflichtung zu überprüfen wurde vom CEMEP ein Monitoring System implementiert, das die jährlichen Marktanteile der Wirkungsgradklassen auf dem Europäischen Motorenmarkt erfasst²⁵ (siehe Abbildung 4-15).

Abbildung 4-15 Marktanteile energieeffizienter Elektromotoren im Rahmen der europäischen Selbstverpflichtung des CEMEP



Motorklassen		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
IE2 (bisher Eff1)	%	2%	3%	3%	4%	5%	6%	7%	9%	12%	12%
IE1 (bisher Eff2)	%	30%	44%	54%	80%	83%	84%	85%	87%	85%	86%
- (bisher Eff3)	%	68%	53%	43%	16%	12%	10%	8%	4%	3%	2%
Summe	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Quelle: CEMEP 2009.

Im Rahmen der EU Ökodesign Richtlinie wurden im Juli 2009 von der Europäischen Kommission Mindeststandards für den Wirkungsgrad von Elektromotoren erlassen. Sie basieren auf einer vom Internationalen Elektrotechnischen Komitee (IEC) vorgeschlagenen Klassifizierung der Effizienzklassen. Diese umfasst derzeit die Klassen IE1 bis IE4, wobei IE1 Motoren den derzeitigen Eff2 und IE2 Motoren den derzeitigen Eff1 Motoren entsprechen. IE3 und IE4 beschreiben effizientere Klassen, die noch nicht im aktuellen CEMEP System berücksichtigt wurden. Die von der EU Kommission erlasse-

²⁵ Die folgenden „Standard“ Motoren fallen unter das Klassifizierungssystem: Drehstrom-Asynchronmotoren mit Lüfter im Bereich von 1,1 bis 90 kW, 2- oder 4- polig, Nennspannung 400V 50Hz, Betriebsart S1 (CEMEP 2009)

ne Verordnung untersagt ab 2011 das Verbreiten von Motoren in der EU, die den IE2 Standard nicht einhalten, und ab 2015/2017 von Motoren, die den IE3 Standard nicht einhalten.

Bezüglich möglicher Indikatoren wird empfohlen, die derzeitige Statistik des CEMEP auf die IE-Klassen umzustellen und eine Erfassung alleine des Deutschen Marktes zu ermöglichen. Hierbei sollten mögliche Ansätze der EU zum Monitoring im Rahmen der Mindeststandards der Ökodesign-Richtlinie berücksichtigt werden.

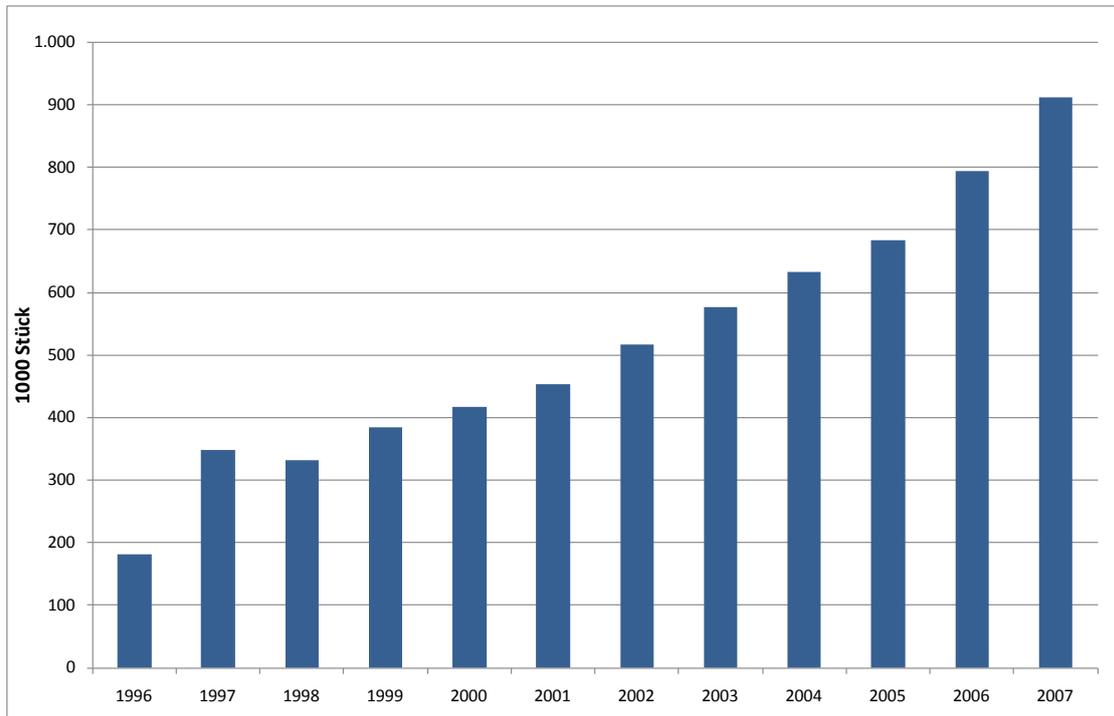
Interessant wäre weiterhin die Erfassung von anderen Motorentypen. Z.B. Permanentmagnetmotoren stellen für die Zukunft eine interessante Technologie dar, mit der auch hohe Wirkungsgrade erreicht werden können, die mit Asynchronmotoren evtl. nicht mehr möglich sind und sollten daher auch in ein Indikatorsystem aufgenommen werden. Daten sind hierzu jedoch noch nicht verfügbar.

4.3.3.2 Frequenzumrichter

Neben dem Elektromotor ist ein wichtiges Element des elektrischen Antriebs die Steuerung. Insbesondere der Einsatz von Frequenzumrichtern zur lastabhängigen Steuerung der Motoren verspricht hohe Einsparpotenziale (= Drehzahlvariable Antriebe; Variable Speed Drive, VSD). Die Drehzahl eines Asynchronmotors ist direkt proportional zur Frequenz der Versorgungsspannung mit der er gespeist wird. Ein Frequenzumrichter wird zwischen Stromquelle und Motor geschaltet und erlaubt die Eingangsfrequenz (und damit die Drehzahl des Motors) abhängig von der benötigten Last zu steuern. Insbesondere beim Einsatz in Strömungsanwendungen wie Ventilatoren oder Pumpen, die häufig im Teillastbereich betrieben werden, verbergen sich große Einsparpotenziale durch den Einsatz von VSDs. Besonders groß sind die Einsparpotenziale wenn durch die Umrichtersteuerung eine Steuerung des Volumenstroms über eine Drossel vermieden wird. Drosseln reduzieren den Volumenstrom während der jeweilige Motor weiter bei Volllast betrieben wird.

Bezüglich des Einsatzes von Frequenzumrichtern zur Steuerung von Motoren sind kaum amtliche Statistiken vorhanden. Der Einsatz von Frequenzumrichtern kann nur Anhand von Absatz- und Produktionsstatistiken abgeschätzt werden. Eine Erhebung des ZVEI (2009) zeigt die Entwicklung des Marktes von Frequenzumrichtern zur Steuerung von Drehstrommotoren, die vorwiegend in der Industrie eingesetzt werden (siehe Abbildung 4-16). Demnach hat sich die Anzahl der jährlich abgesetzten Umrichter von 1996 bis 2007 etwa verfünffacht. Da sich die Anzahl der verkauften Drehstrommotoren im gleichen Zeitraum in etwa konstant geblieben ist, kann davon ausgegangen werden, dass ein Großteil der verkauften Frequenzumrichter auch konventionelle Motorsteuerungen (z.B. über eine Drossel) ersetzt bzw. Motoren steuerbar macht, die bisher in Dauerbetrieb liefen.

Abbildung 4-16 Jährlicher Absatz von Frequenzumrichtern zur Steuerung von Drehstrommotoren (in 1000 Stück)

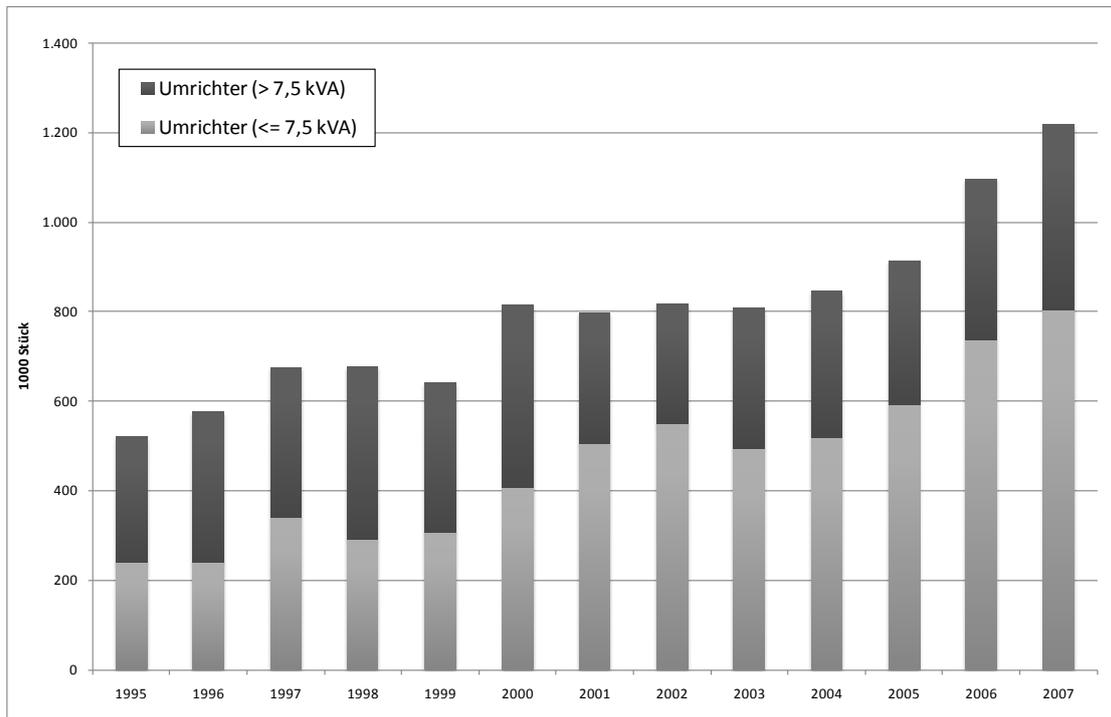


	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Frequenzumrichter	10 ³	182	348	331	384	417	454	517	577	632	684	794	912

Quelle: ZVEI 2009.

Das Statistische Bundesamt (Fachserie 4 Reihe 3.1) erfasst Daten zur Produktion von Wechselrichtern, aufgeteilt in zwei Leistungsbereiche (siehe Abbildung 4-17). Ein direkter Vergleich mit der Marktentwicklung basierend auf den obigen Zahlen vom ZVEI ist nicht möglich, da die Eingrenzung und Definition der Frequenzumrichter unterschiedlich sind. So wurde für die Daten des ZVEI versucht, nur Frequenzumrichter zu berücksichtigen, die zur drehzahlvariablen Steuerung von Drehstrommotoren (Industrieanwendungen) eingesetzt werden und so häufig die Energieeffizienz des elektrischen Antriebs erhöhen. Bei den Daten des Statistischen Bundesamtes sind keine Informationen zur Anwendung der produzierten Umrichter verfügbar.

Abbildung 4-17 Produktion von Wechselrichtern in Deutschland



		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Umrichter (<= 7,5 kVA)	10 ³	242	242	340	291	308	405	504	552	495	519	591	735	804
Umrichter (> 7,5 kVA)	10 ³	279	333	335	386	335	410	292	265	313	326	322	361	414

Quellen: Statistisches Bundesamt Fachserie 4 Reihe 3.1 „Produktion im Produzierenden Gewerbe“, div. Jahrgänge.

Bezüglich der Erstellung von Indikatoren ist zwischen der Nutzung von Umrichtern und der tatsächlichen drehzahlgeregelten Steuerung für Motoren zu unterscheiden. Allein der Verkauf oder die Produktion eines Umrichters hat keine Einspareffekte, solange er nicht zur Steuerung eines Motors eingesetzt wird. Somit sind Statistiken zum Absatz und zur Produktion von Frequenzumrichtern kein unmittelbarer Indikator und es müsste zunächst untersucht werden, für welche weiteren Anwendungsbereiche Umrichter eingesetzt werden und wie groß der Anteil Umrichter zur Motorensteuerung ist. Die in Abbildung 4-16 dargestellte Markterhebung des ZVEI ist bereits auf den Markt von Frequenzumrichtern zur Steuerung von Drehstrommotoren eingeschränkt, wodurch insbesondere kleine Umrichter oder Wechselrichter für Photovoltaikanlagen sowie Umrichter zur Steuerung von Servomotoren ausgeschlossen werden. Des Weiteren ist zu unterscheiden zwischen dem derzeitigen Absatz, der Produktion von Umrichtern und der Verwendung im Motorenbestand.

4.3.3.3 Recycling

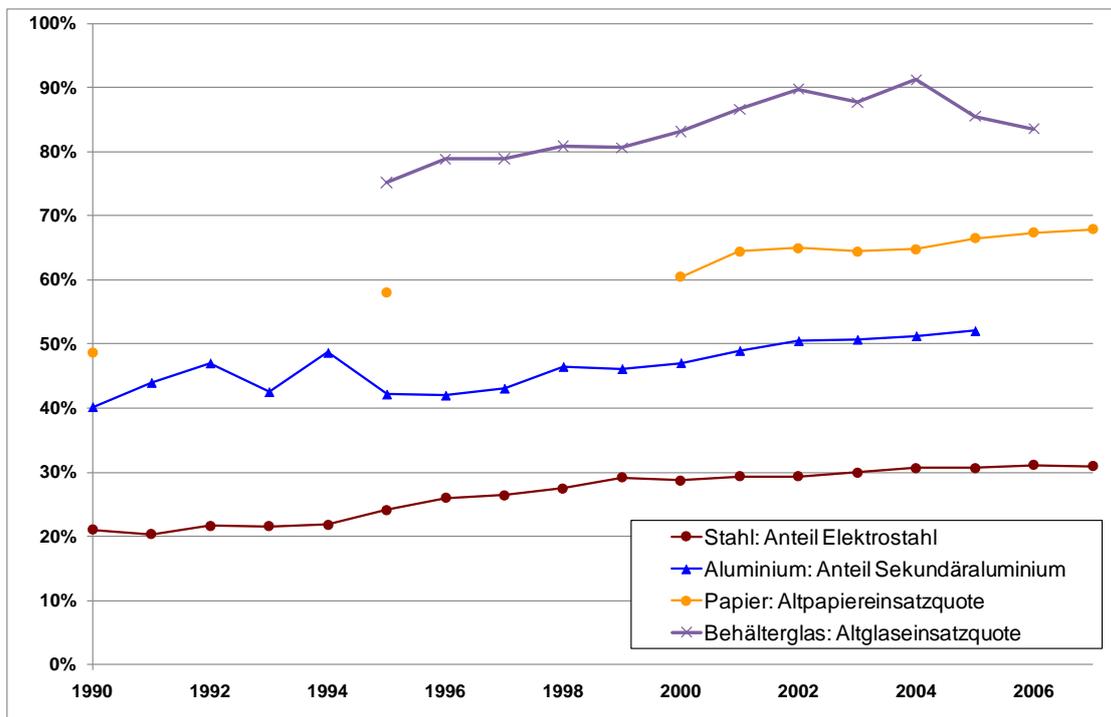
Recycling bzw. die Wiederverwendung von Rohstoffen und Materialien stellt eine bedeutende Option zur Energieeinsparung in der Industrie dar.

Eine Übersicht der Möglichkeiten und Potenziale wird von Jochem et al. (2003) gegeben. Die Bedeutung des Recyclings zur Verbesserung der Energieeffizienz unterscheidet sich je nach Produkt. So weist die Herstellung von Sekundäraluminium derzeit etwa 12 % des Primärenergieverbrauchs von Primäraluminium auf. Bei Sekundärstahl (Elektrostahl) liegt der Primärenergieverbrauch bei etwa einem Viertel im Vergleich zu Sauerstoffstahl (Jochem et al. 2003). Allerdings ist beim Recycling zu beachten, dass die Materialien häufig nicht 100% substituierbar sind, da sie andere Eigenschaften oder eine andere Qualität aufweisen. Auch ist der Einsatz von Recyclingmaterialien unmittelbar durch die Verfügbarkeit des Altmaterials begrenzt (Stahlschrott, Altpapier etc.). Die folgenden energieintensiven Produkte weisen hohe Einsparpotenziale durch Recycling auf (siehe z.B. Jochem et al. 2003):

- Elektrostahl als Substitut für Sauerstoffstahl
- Sekundäraluminium als Substitut für Primäraluminium
- Sekundärkupfer als Substitut für Primärkupfer
- Altpapier als Substitut für Holz- oder Zellstoff
- Altglas als Zugabe in der Glasschmelze substituiert Quarzsand, Soda und Kalk

Für die Bildung von Indikatoren zur Darstellung der Entwicklung von Materialrecycling sind verschiedene Ansätze denkbar. Die folgende Abbildung zeigt die Einsatzquoten ausgewählter Sekundärmaterialien. Diese entspricht dem Anteil des eingesetzten recycelten Materials (Altpapier, Altglas) an der Gesamtproduktion des entsprechenden Produkts. Diese Darstellung gibt zwar einen Eindruck von der Entwicklung, lässt jedoch Import und Export außer acht. Für einzelne Produkte sind teilweise andere Darstellungen geläufig. Z. B. für Papier wird häufig auch die Rücklaufquote (als Quotient aus gesammeltem Altpapier und verbrauchten Papier) angegeben. Für Aluminium wird nicht die Einsatzquote des Aluminiumschrotts angegeben, sondern der Anteil des Sekundäraluminiums an der gesamten Aluminiumproduktion. Gleiches gilt für den Anteil des Elektrostahls an der gesamten Stahlproduktion. Für die Herstellung einer Tonne Elektrostahl wurden im Jahr 2000 1015 kg Aluminiumschrott und 112 kg Roheisen eingesetzt.

Abbildung 4-18 Einsatzquote von Sekundärmaterial (Altpapier und Glas) und Anteil der Sekundärproduktion an der Gesamtproduktion von Aluminium und Stahl



		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Stahl: Anteil Elektrostahl	%	0,21	0,20	0,22	0,22	0,22	0,24	0,26	0,26	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31
Aluminium: Anteil Sekundäraluminium	%	0,40	0,44	0,47	0,43	0,49	0,42	0,42	0,43	0,46	0,46	0,47	0,49	0,51	0,51	0,51	0,52		
Papier: Altpapierverwertungsquote	%	0,49					0,58					0,60	0,64	0,65	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68
Behälterglas: Altglaseinsatzquote	%						0,75	0,79	0,79	0,81	0,81	0,83	0,87	0,90	0,88	0,91	0,86	0,84	

Quellen: VDP (2008), Wirtschaftsvereinigung Metalle (2008), Wirtschaftsvereinigung Stahl (2008), Umweltbundesamt (2008).

4.3.3.4 Industrielle Kraft-Wärme Kopplung

Industrielle KWK umfasst die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme in Anlagen des Verarbeitenden Gewerbes; Bergbau und Verarbeitung von Steine und Erden (als Abgrenzung zur öffentlichen Versorgung). In DIW et al. (2007) wird die derzeitige Situation der Statistik zur industriellen KWK detailliert beschrieben. Die Ergebnisse einer Zusammenstellung und Abschätzung dieser Studie sind in Tabelle 4-6 dargestellt. Die Brutto-Stromerzeugung umfasst die gesamte Stromerzeugung in industriellen Anlagen, und die KWK-Stromerzeugung ist diejenige Menge erzeugten Stroms, die die Anforderungen der AGFW-Richtlinie FW 308²⁶ erfüllt.

²⁶ Die AGFW-Richtlinie FW 308 "Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stroms" enthält eine Beschreibung zur Berechnung der KWK Strommenge als Grundlage für das KWK-Gesetz.

Der Bruch von 2001 zu 2002 kommt durch eine Umstellung der amtlichen Statistik zustande. Seit 2002 wird vom Statistischen Bundesamt die KWK-Netto-Stromerzeugung direkt ausgewiesen, während für die früheren Jahre auf Abschätzungen vom VIK (allerdings für die Brutto-Stromerzeugung) zurückgegriffen wurde. Neben statistischen Ungenauigkeiten können auch Veränderungen in der Bilanzierung der Anlagen die dargestellte KWK-Stromerzeugung beeinflussen. Wechseln z.B. Anlagen den Betreiber von dem Industrieunternehmen des Anlagenstandortes zu einem Energieversorger oder werden Anlagen von Energieversorgungsunternehmen als Contracting betrieben, so mindert dies die Menge der KWK-Stromerzeugung.

Tabelle 4-6 Stromerzeugung in industriellen KWK Anlagen

	1992	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
	Brutto-Stromerzeugung (2002 bis 2004 Netto) in Mio. kWh								
Brutto-Stromerzeugung insgesamt	69706	66426	53165	49824	50846	47789	43010	44126	44222
Strom aus KWK-Anlagen insgesamt	44093	44158	39525	35661	35965	37201	keine Angaben		
KWK-Stromerzeugung	29687	30887	28247	25273	25506	25982	22974	23512	22937
Anteil KWK-Strom an KWK-Anlagen in %	67,3	69,9	71,5	70,9	70,9	69,8	keine Angaben		
Anteil KWK-Strom an Stromerzeugung insgesamt in %	42,6	46,5	53,1	50,7	50,2	54,4	53,4	53,3	51,9

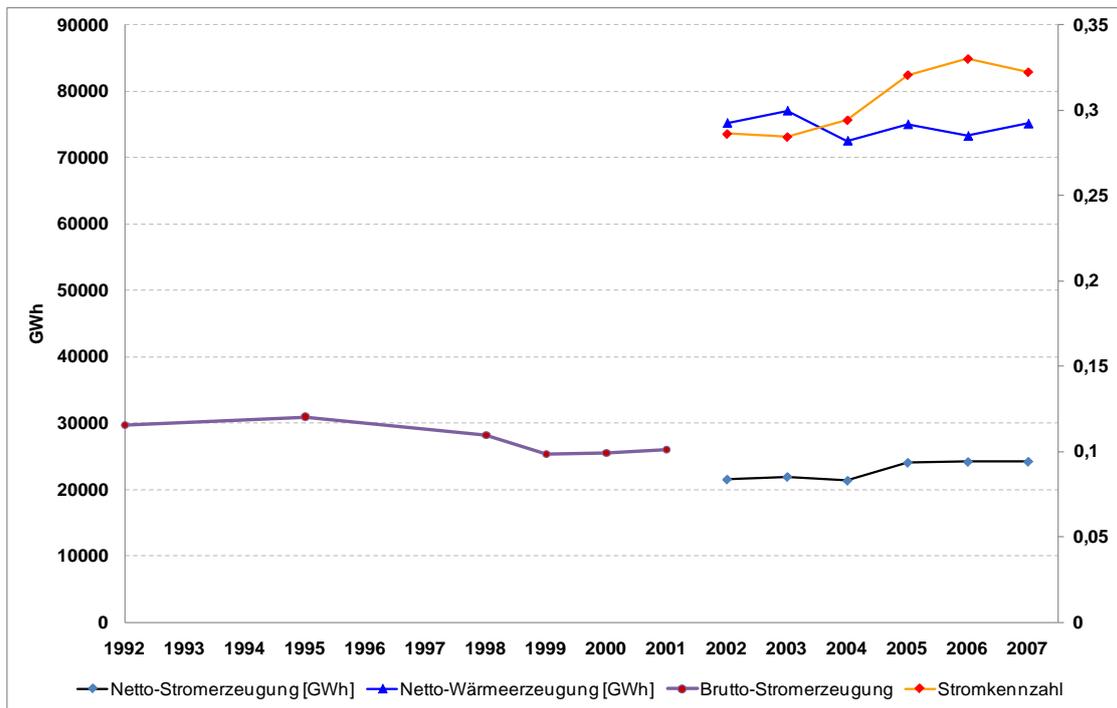
Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 4/Reihe 6.4; Schätzungen des VIK.

Quelle: DIW et al. 2007.

Die Fachserie 4 / Reihe 6.4 des statistischen Bundesamtes führt ab 2002 eine detaillierte Statistik der industriellen Stromeigenerzeugung mit Abgrenzung der KWK-Erzeugung. Folgende Darstellungen zeigen die möglichen zu erstellenden Indikatoren.

In Abbildung 4-19 ist sowohl die Strom- als auch die Wärmeerzeugung und die Stromkennzahl aller KWK Anlagen der Industrie dargestellt. Die Stromkennzahl gibt das Verhältnis von erzeugter Strommenge zu genutzter Abwärme an. Um einen Vergleich mit einer längeren Zeitreihe zu ermöglichen wurde auch die Entwicklung der Brutto-Stromerzeugung bis 2001 aus DIW et al. (2007) dargestellt, da die Netto-Stromerzeugung erst ab dem Jahr 2002 verfügbar ist.

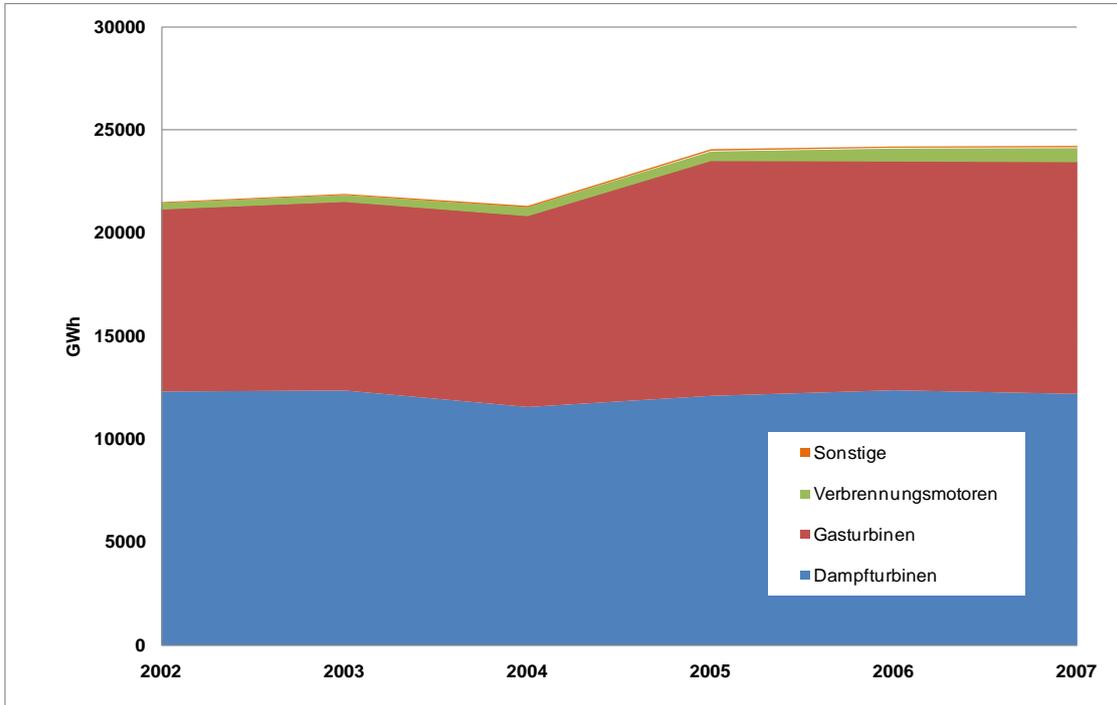
Abbildung 4-19 Entwicklung der KWK im Verarbeitenden Gewerbe



		1992	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Netto-Stromerzeugung	TWh							21,5	21,9	21,3	24,0	24,2	24,2
Brutto-Stromerzeugung	TWh	29,7	30,9	28,2	25,3	25,5	26,0						
Netto-Wärmeerzeugung	TWh							75,2	77,0	72,5	75,0	73,2	75,1
Stromkennzahl								0,29	0,28	0,29	0,32	0,33	0,32

Quelle: StBA 2008j, DIW et al. 2007.

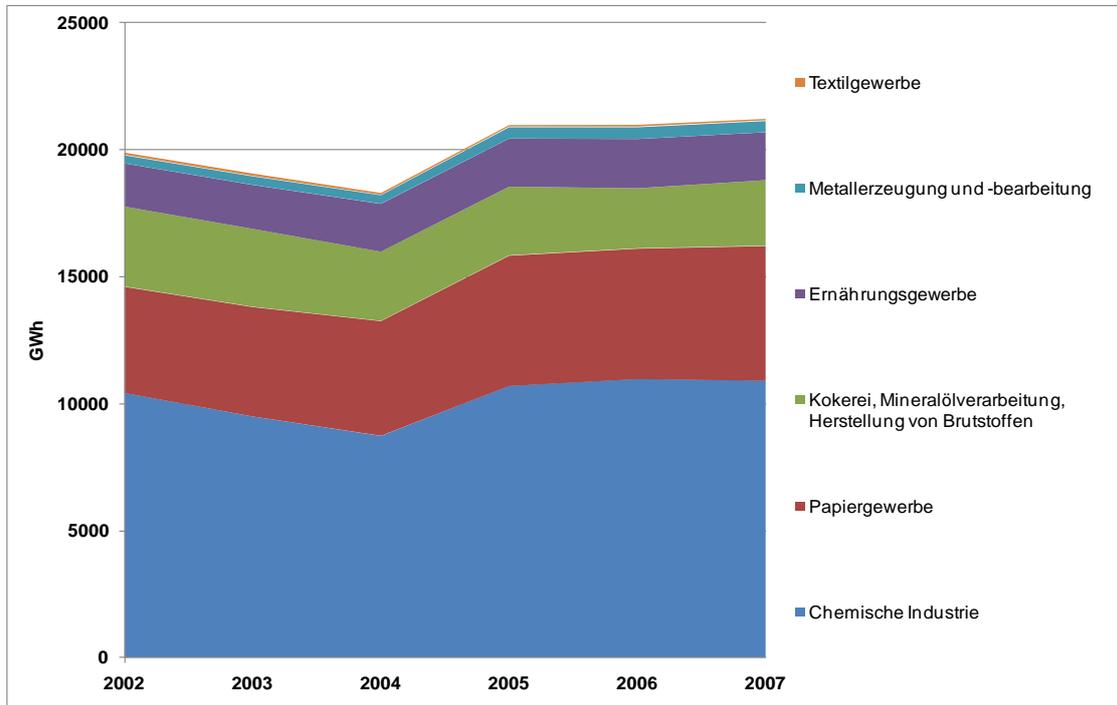
Abbildung 4-20 Entwicklung der Netto-Stromerzeugung der KWK Anlagen des Verarbeitenden Gewerbes nach Technologien



		2002	2003	2004	2005	2006	2007
Dampfturbinen	GWh	12318	12368	11570	12108	12379	12203
Gasturbinen	GWh	8836	9153	9263	11401	11108	11252
Verbrennungsmotoren	GWh	322	338	441	467	633	686
Sonstige	GWh	43	52	65	71	55	64
Summe	GWh	21519	21911	21339	24047	24175	24205

Quelle: StBA 2008j.

Abbildung 4-21 Entwicklung der Netto-Stromerzeugung in KWK Anlagen des Verarbeitenden Gewerbes nach Branchen



		2002	2003	2004	2005	2006	2007
Chemische Industrie	GWh	10410	9482	8717	10686	10959	10895
Papiergewerbe	GWh	4204	4329	4537	5159	5164	5332
Kokerei, Mineralölverarbeitung, Her. von Brutstoffen	GWh	3156	3079	2736	2709	2369	2583
Ernährungsgewerbe	GWh	1703	1733	1886	1897	1942	1891
Metallherzeugung und -bearbeitung	GWh	312	331	334	443	458	438
Textilgewerbe	GWh	83	90	70	57	67	55

Quelle: StBA 2008j.

In der Energiebilanz der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen wird die industrielle KWK zwischen den beiden Spalten „Industriewärme- und Stromkraftwerke“ im Umwandlungsbereich und im Endenergieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes aufgeteilt. Dabei wird der Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung den Industriewärme- und Stromkraftwerken zugerechnet und der Brennstoffeinsatz zur Wärme- und Stromerzeugung dem Endenergieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes. Es kann somit aus den Jahresenergiebilanzen nicht herausgelesen werden, wie hoch die Wärme- oder Stromerzeugung in industriellen KWK Anlagen ist.

Geeignete Indikatoren für die industrielle KWK sind die erzeugte Wärme- und Strommenge oder der mittlere Nutzungsgrad der Anlagen. Zur industriellen KWK-

Stromerzeugung sind Zeitreihen des Statistischen Bundesamtes ab 2002 verfügbar, die auch eine Aufteilung nach Branchen, Technologien oder Brennstoffen zulassen.

4.3.3.5 Ansätze für Indikatoren weiterer Techniken

Neben den oben beschriebenen Techniken und Einsparoptionen sind in der Industrie eine große Anzahl und Vielfalt an weiteren potenziellen Effizienzmaßnahmen möglich. Einige vielversprechende Techniken, die sich auch aufgrund ihrer klaren Abgrenzung gut für die Erstellung von Indikatoren eignen und ein hohes Energieeffizienzpotenzial aufweisen, sollen im Folgenden beschrieben werden. Häufig ist die Datenlage jedoch sehr dünn und für die Erstellung von belastbaren Effizienzindikatoren sind zunächst weitere Datenerhebungen notwendig. Interessante Techniken und Verfahren für die Bildung von Diffusionsindikatoren sind:

- *Verbreitung von Oxyfuel Brennern:* Neben herkömmlicher Erdgaszuführung mit Luft können auch mit reinem Sauerstoff betriebene Brenner in Industrieöfen eingesetzt werden. Durch die Verringerung der thermischen Masse des Abgases um den Stickstoffanteil der Luft, können die Abgasverluste an fühlbarer Wärme vermindert werden.
- *Regenerator/Rekuperator Brenner in Industrieöfen:* Regenerator- und Rekuperatorbrenner beruhen jeweils auf dem grundsätzlichen Prinzip der Nutzung der Restwärme des Abgases aus dem Ofen, mit der die Brennluft vorgewärmt wird. Neueste Regeneratorbrenner ermöglichen eine Verbesserung der Energieeffizienz um 25-45% gegenüber herkömmlichen „Kaltbrennern“ bei Ofentemperaturen von 900-1050°C. Wärmerückgewinnung in Industrieöfen gehört zwar schon seit langem zum Stand der Technik, insbesondere moderne Regeneratorbrenner ermöglichen jedoch den Einsatz in besonders hohen Temperaturbereichen von über 1000°C (Bine Informationsdienst 2004).
- *Industrielle Großwärmepumpen:* Wärmepumpen erlauben die in der Industrie in großen Mengen anfallende Niedertemperaturabwärme wieder auf ein höheres Temperaturniveau anzuheben und so wieder in den Produktionsprozess zurückzuführen oder zur Wärmeversorgung benachbarter Wohngebiete zu nutzen. Wärme auf niedrigem Temperaturniveau wird ansonsten in den meisten Fällen nicht weiter genutzt. Großwärmepumpen ($> 100 \text{ kW}_{\text{th}}$) werden bisher kaum in der Industrie eingesetzt, ihnen wird aber ein großes Potenzial zugeschrieben (Lambauer et al. 2008).
- Branchenspezifische Indikatoren für z.B.:
 - *Anteil der Zumahlstoffe in die Zementherstellung:* Eine sehr wirkungsvolle Option zur Minderung des Energieverbrauchs bei der Zementherstellung besteht in der Erhöhung des Anteils der Klinkerersatzstoffe (oder auch Zumahlstoffe genannt), wie Gips, Hüttensand, Kalkstein oder Flugasche, im Zement. Diese werden in der Zementmühle beigemischt und ersetzen den sehr energieintensiven Klinker. Der Anteil der

Zumahlstoffe im Zement variiert in Europa in der Größenordnung zwischen 10 bis 30% und ist auch von der hergestellten Zementsorte abhängig.

- *Einsatz von Calcinatoren beim Klinkerbrennen:* Klinker stellt den wichtigsten Rohstoff zur Herstellung von Zement dar. Im Calcinator (auch Vorcalcinator) wird das Einsatzmaterial noch weiter als in der Vorwärmung erhitzt und eine weitgehende Entsäuerung des Kalksteins erreicht. So verbessern Calcinatoren die Energieeffizienz beim Klinkerbrennen.
- *Schuhpresse in der Papierherstellung:* In der Papierherstellung weist die thermische Trocknung der Papierbahn den höchsten Energieverbrauch in der gesamten Produktionskette auf. Die Energieeffizienz lässt sich deutlich erhöhen, indem der Wasseranteil in der Papierbahn bereits durch mechanische Trocknung (Pressen) möglichst weit reduziert wird. Der Einsatz der Schuhpresse ermöglicht es, den Wasseranteil weiter zu reduzieren und so den Energiebedarf der thermischen Trocknung deutlich zu senken.
- *Membranverfahren zur Chlorherstellung:* Zur Chlorherstellung wurde traditionell das Amalgam-Verfahren eingesetzt. Die europäischen Chlorproduzenten haben sich darauf geeinigt, dieses Verfahren bis zum Jahr 2020 wegen starker Umweltbelastungen (Quecksilberemissionen) auslaufen zu lassen und durch das Diaphragma oder das Membranverfahren zu ersetzen. Von diesen drei alternativen Verfahren weist das Membranverfahren den niedrigsten Energieverbrauch auf. 2008 lag laut Eurochlor der Anteil des Membranverfahrens in Europa bei knapp 50 %, während er 1997 noch in der Größenordnung von 10% lag.
- *Einsatz von supraleitenden Magnetheizern für die Erwärmung von Aluminium oder Kupfer:* Für die Weiterverarbeitung von Nicht-Eisen Metallblöcken werden diese in elektrischen Induktionsöfen oder Gasöfen erwärmt, um sie darauf verformen zu können. Bei (gut leitenden) Nicht-Eisen Metallen wie Aluminium oder Kupfer entstehen beim Induktionsofen Energieverluste von über 50%, die durch eine aufwendige Wasserkühlung abgeführt werden müssen. Durch den Einsatz von supraleitenden Spulen können die Verluste auf unter 20% gesenkt werden (inklusive des Strombedarfs für die Kryokühlung). Bisher wird diese Innovation in Deutschland nur in einer Anlage eingesetzt.

5 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

5.1 Sektorspezifische Merkmale

Der Sektor GHD umfasst ein sehr heterogenes Spektrum von Wirtschaftszweigen, die sich auch im Hinblick auf die Höhe und Struktur ihres Energieverbrauchs z.T. deutlich unterscheiden. Neben dem gesamten Dienstleistungsbereich (Handel, Gastgewerbe, Banken und Versicherungen, öffentliche Einrichtungen, Gesundheitswesen, Erziehung und Unterricht sowie sonstige private Dienstleistungen) sind diesem Sektor in der deutschen Energiebilanz auch die Land- und Forstwirtschaft, militärische Dienstleistungen sowie das Baugewerbe zugeordnet. Dies erschwert die Vergleichbarkeit mit der internationalen Energiestatistik (Eurostat, OECD/IEA), da dort die Landwirtschaft i.d.R. separat ausgewiesen und das Baugewerbe der Industrie zugeordnet wird. Aus dem Bereich des Verarbeitenden Gewerbes wird dem GHD-Sektor in der deutschen Energiebilanz außerdem der Energieverbrauch von Handwerksbetrieben und Betrieben bis 19 Beschäftigten (industrielle Kleinbetriebe) zugerechnet. Dies führt zu Abgrenzungsproblemen bei der Bildung von auf eine Aktivität bezogenen Energieindikatoren, da die für den GHD-Sektor verfügbaren Aktivitätsgrößen wie Bruttowertschöpfung oder Erwerbstätige diese Unternehmen dem Industriesektor zurechnen. Auch zum Sektor Verkehr gibt es Abgrenzungsprobleme, da die nationale Energiebilanz diesem beim Bahn- und Flugverkehr nur den mobile Energieverbrauch zurechnet, während der stationäre Energieverbrauch der Deutschen Bahn und der Flughäfen im GHD-Sektor enthalten ist.

In der deutschen Energiebilanz wird dieser sehr heterogen zusammengesetzte Verbrauchssektor als Restgröße definiert (Diekmann et al. 2000) Hinzu kommt, dass der GHD-Stromverbrauchswert der Energiebilanzen auch statistische Differenzen mit einbezieht. Damit weist der Energieverbrauch des GHD-Sektors innerhalb der nationalen Energiestatistik die größten Unschärfen auf (DIW/Fraunhofer ISI/IfE-TUM 2000)

Als wesentliche verbrauchsbestimmende Determinanten im GHD-Sektor lassen sich nennen:

- die Höhe und Entwicklung der wirtschaftliche *Aktivität* des GHD-Sektors insgesamt;
- die *Aufteilung des GHD-Sektors in einzelne Untersektoren sowie deren relative Veränderung*. Weiterhin tragen zu den Strukturveränderungen noch verbrauchssteigernde Faktoren wie eine verstärkte Stromnutzung durch Zunahme von Bürogeräten, sowie ein höherer Komfort in den Bürogebäuden bei (Trend zu mehr Klimatisierung). Diese zuletzt genannten Faktoren können aber nur schwer von den technischen Faktoren (siehe unten) getrennt werden;
- die *Energieträger-Substitution*
- der *technische Stand der Energienutzung* und dessen Veränderung im Zeitablauf;
- *jährliche Wetterschwankungen*, die bei einem Raumwärmeanteil von rund 45 % (AG Energiebilanzen/BDEW) neben dem Haushaltssektor auch im GHD-Sektor von großer Bedeutung sind.

Wie in den übrigen Sektoren bestehen die im GHD-Sektor gebräuchlichen Indikatoren zur Messung dieser Einflussfaktoren aus einer Energieverbrauchsgröße, die auf eine Aktivitätsgröße bezogen wird. Aufgrund der heterogenen Zusammensetzung des GHD-Sektors ist die Bestimmung geeigneter Aktivitätsgrößen, die die Entwicklung des Energieverbrauchs zutreffend bestimmen, schwieriger als in den übrigen Sektoren. Während sich für die industriellen Kleinbetriebe und das Handwerk eher Produktionsgrößen wie die Bruttowertschöpfung anbieten, wäre in den raumwärmeintensiven Dienstleistungsbereichen auch die Nutzfläche oder die beheizte Fläche eine geeignete Bezugsgröße. Auch die Zahl der Beschäftigten ist ein wichtiger Bestimmungsfaktor für den Energieverbrauch im GHD-Sektor. Neben einfachen Input-Output-Relationen lassen sich auch im GHD-Sektor grundsätzlich auch Indikatoren mit Komponentenerlegung oder re-aggregierte Indikatoren berechnen (vgl. Abschnitt 2.4). Die Auswahl der Indikatoren wird jedoch gerade im GHD-Sektor durch die mangelnde Datenverfügbarkeit begrenzt, die im nachfolgenden Abschnitt 5.2 dargestellt wird.

5.2 Datenquellen

Verglichen mit den übrigen Endverbrauchssektoren weist der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen die schlechteste Datenverfügbarkeit auf. Dies gilt sowohl für den Energieeinsatz als auch für relevante monetäre und physische Aktivitätsgrößen. Die für die Berechnung von Indikatoren im GHD-Sektor verfügbaren Datenquellen sind in Tabelle 5-3 und Tabelle 5-4 umfassend beschrieben.

5.2.1 Daten zum Energieverbrauch im Sektor GHD

Als grundlegende Datenquelle für die Erfassung des Endenergieverbrauchs des Sektors GHD wird wie für die übrigen Sektoren die nationale Energiebilanz (AGEB 2009) vorgeschlagen. Anders als für die Industrie wird der Energieverbrauch dort jedoch nur für den Gesamtsektor erfasst und ausgewiesen, nicht jedoch für einzelne Bereiche (Tabelle 5-3). Der Energieverbrauch nach Anwendungszwecken ist für den Gesamtsektor den Anwendungsbilanzen (AGEB / BDEW) für Deutschland zu entnehmen, in denen folgende Anwendungszwecke unterschieden werden: Raumwärme, Warmwasser, sonst. Prozesswärme, mechanische Energie, Kraft, Beleuchtung, Information und Kommunikation (IuK).

Für die Ermittlung tiefergehender Indikatoren auf der Ebene einzelner Subsektoren des GHD-Sektors muss jedoch auf ergänzende Datenquellen zurückgegriffen werden. Dies ist insbesondere eine aktuelle Erhebung zum Energieverbrauch im GHD-Sektor, die zwischen 2005 und 2008 durchgeführt wurde (Fraunhofer ISI/IfE-TUM/GfK 2009). Diese Primärerhebung stellt eine wichtige Datenquelle als Grundlage für Indikatoren im GHD-Sektor dar. In dieser Erhebung wird der Energieverbrauch nach 12 Untersektoren des GHD-Sektors sowie verschiedene Energieträgern und Anwendungszwecken unterschieden. Durch die Kombination von drei Primärdaten-Erhebungen (für die Jahre 2001, 2004 und 2006) und statistisch fundierten Abschätzungen für die Zwischenjahre

ist es auf dieser Grundlage möglich sein, eine Reihe von detaillierteren Indikatoren für den GHD-Sektor auch im zeitlichen Verlauf darzustellen. Als Orientierungsgröße dient in dieser Erhebung der Energieverbrauch des GHD-Sektors in der Abgrenzung der Energiebilanz. Darunter wird der GHD-Sektor in 12 Gruppen und 29 Untergruppen unterschieden, die der derzeit gültigen Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003 (WZ 2003) zugeordnet werden (Tabelle 5-1; Tabelle 5-2). Aufgrund der überwiegend unter energetischen Gesichtspunkten vorgenommenen Brancheneinteilung sowie der Vergleichbarkeit mit früheren Erhebungen (Fraunhofer ISI et al. 2004, Geiger et al. 1999) ist diese Zuordnung mit der gewählten Branchenbezeichnung allerdings nicht vollständig konsistent im Hinblick auf die derzeit gültige WZ-2003-Systematik.²⁷

Tabelle 5-1 Zuordnung der in der Erhebung zum Energieverbrauchs des GHD-Sektors unterschiedenen WZ 2003-Klassifikation der Wirtschaftszweige

Grp.	WZ 2003	Branchenbezeichnung in Erhebung	Grp.	WZ 2003	Branchenbezeichnung in Erhebung
1	45	Baugewerbe	6		Beherbergung, Gaststätten, Heime
2		Büroähnliche Betriebe		55.11-55.12	Beherbergung
	65-67	Kreditgewerbe, Versicherungsgewerbe		55.3-55.5	Gaststätten
	22.1	Verlagsgewerbe		85.3, 91	Org. o. Erwerbszweck, Heime
	71-74, 85, 93	Sonst. betriebl. Dienstleistungen	7		Nahrungsmittelgewerbe
	75	Gebietskörperschaften/Sozialversich.		15.81/82	Bäckerei
	64.1	Post		15.1, 15.2	Fleischerei
	64.3	Telekom		15.61, 15.9	Restl. Nahrungsmittel
	60.1	Deutsche Bahn AG	8	93.01	Wäschereien
3		Herstellungsbetriebe	9	01.11, 01.2-3	Landwirtschaft
	28-33, 36.2-5	Metallgewerbe	10	01.12, 01.41	Gartenbau
	34	Kfz-Gewerbe	11	63.23	Flughäfen
	20, 36.1	Holzgewerbe	12		Textil, Bekleidung, Spedition
	36.1	Holzverarbeitung		17	Textil
	21, 22.2	Papiergewerbe u. Druckgewerbe		18	Bekleidung
4		Handel		19	Leder
	52.1 - 52.6	Einzelhandel		63.40.1	Spedition
	51	Großhandel		63.12.1	Lagererei
	50.1, 50.3, 50.4	Handel mit Kfz und Teilen	13		Rest
	50.5	Tankstellen		52.62, 52.63	Marktstände u. ä.
5		Krankenhäuser, Schulen, Bäder		25.13-25.23	NE-Metalle, Kunststoff, Gummi
	85.11	Krankenhäuser		26.21-26.30	Keramische Erzeugnisse
	80	Schulen			Nicht zugeordnete Bereiche
	92.61.0	Bäder		36, 37	Möbel, Schmuck, Musik, Recycling, Reiseb., Sozialw.
				90, 40, 41	Klär- und Wasserwerke, Energieversorgung
				02, 05	Forstwirtschaft, Fischerei
				72.22	Militär

Quelle: Fraunhofer ISI/IfE-TUM/GfK 2009.

²⁷ Im Rahmen des laufenden Forschungsvorhabens "Datenbasis Endenergieverbrauch & Energieeffizienz 2008" im Auftrag des UBA (FKZ 3708 42 129) erfolgt derzeit eine Umschlüsselung dieser Branchengliederung auf einige große Branchen in der Abgrenzung der VGR (Baugewerbe, Landwirtschaft, Handel etc.), die jedoch noch nicht abgeschlossen ist.

Tabelle 5-2 Strom- und Brennstoffverbrauch im GHD-Sektor nach Subsektoren für die Jahre 2001-2006

Einheit: TWh		2001			2002			2003			2004			2005			2006		
Grp. No./ Split	Bezeichnung	Strom	Brenn- und Kraftstoffe, Fernwärme	Gesamt	Strom	Brenn- und Kraftstoffe, Fernwärme	Gesamt	Strom	Brenn- und Kraftstoffe, Fernwärme	Gesamt	Strom	Brenn- und Kraftstoffe, Fernwärme	Gesamt	Strom	Brenn- und Kraftstoffe, Fernwärme	Gesamt	Strom	Brenn- und Kraftstoffe, Fernwärme	Gesamt
1	Baugewerbe	3,3	13,6	16,9	3,5	12,2	15,7	3,8	12,3	16,1	3,6	11,9	15,6	3,6	11,1	14,8	3,7	10,5	14,2
2	Büroähnliche Betriebe	22,1	65,0	87,1	24,8	63,9	88,7	26,0	69,2	95,1	26,5	70,6	97,1	25,8	71,1	96,9	25,6	72,6	98,1
3	Herstellungsbetriebe	6,6	18,6	25,2	5,3	11,3	16,6	3,8	6,7	10,6	4,0	7,0	11,0	3,9	6,7	10,6	4,0	6,4	10,4
4	Handel	28,0	49,2	77,2	30,6	46,9	77,5	34,3	51,7	86,0	34,3	51,9	86,2	31,8	47,1	78,8	29,2	41,9	71,1
5/21	Krankenhäuser	5,2	12,3	17,6	5,2	11,1	16,3	5,1	11,2	16,3	5,0	11,0	16,0	6,1	12,0	18,1	7,0	12,6	19,6
5/22	Schulen	4,1	21,0	25,1	3,7	18,7	22,4	3,3	19,1	22,4	3,3	19,2	22,5	3,5	19,4	23,0	3,8	19,3	23,1
5/23	Bäder	4,2	10,1	14,3	4,4	12,1	16,5	4,6	14,0	18,7	4,6	14,0	18,7	4,8	13,2	18,0	4,9	12,4	17,4
6	Beherbergung, Gaststätten, Heime	13,8	44,8	58,6	16,2	48,1	64,3	18,3	57,5	75,7	18,5	58,0	76,5	17,5	53,7	71,2	16,5	48,9	65,4
7/5	Backgewerbe	1,3	3,4	4,7	1,1	2,5	3,6	0,8	1,6	2,4	0,8	1,6	2,4	0,7	1,4	2,1	0,6	1,3	1,9
7/6	Fleischereien	1,2	2,7	4,0	1,0	1,6	2,6	0,7	0,8	1,6	0,7	0,8	1,6	0,6	0,7	1,3	0,6	0,5	1,2
7/7	Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
8	Wäschereien	0,6	1,5	2,1	0,5	1,0	1,5	0,3	0,6	0,9	0,4	0,6	1,0	0,3	0,5	0,8	0,3	0,4	0,7
9	Landwirtschaft	3,8	39,9	43,7	5,1	41,7	46,7	4,9	38,1	43,0	5,0	37,2	42,2	4,7	33,4	38,1	5,2	36,3	41,5
10	Gartenbau	0,6	5,2	5,8	0,6	6,5	7,2	0,5	6,6	7,1	0,5	6,2	6,7	0,5	5,0	5,4	0,3	3,9	4,2
11	Flughäfen	1,3	1,8	3,1	1,4	1,7	3,1	1,3	1,9	3,2	1,4	2,0	3,4	1,4	2,1	3,5	1,4	2,0	3,5
12	Textil, Bekleidung, Leder	3,0	7,4	10,5	2,0	7,1	9,1	1,2	9,6	10,8	1,2	10,2	11,4	0,9	6,0	6,9	0,7	2,0	2,7
13	Rest	7,1	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	1,5	0,3	1,7	1,5	0,3	1,9	1,4	0,3	1,7	1,4	0,3	1,7
	Sonstige *	12,2	8,5	20,7	12,2	8,6	20,8	12,2	7,7	19,9	12,2	7,7	19,9	12,2	7,7	19,9	12,2	10,3	22,5
Hochrechnungsergebnis GHD		118,7	305,2	423,9	117,8	295,0	412,8	122,6	309,0	431,6	123,7	310,4	434,1	119,9	291,4	411,3	117,7	281,8	399,5
Energiebilanz GHD		135,0	301,2	436,2	139,0	289,6	428,6	130,6	291,5	422,1	134,8	291,1	425,9	131,5	241,0	372,5	136,9	268,9	405,8

Quelle: Fraunhofer ISI, TUM-IfE, GfK 2009.

Daten zum Energieverbrauch wichtiger Querschnittstechniken im GHD-Sektor als Grundlage für die Ermittlung von Marktdiffusionsindikatoren liegen bisher nur sehr begrenzt vor (Tabelle 5-4). Sie basieren im Wesentlichen auf EU-Aktivitäten. Für den IKT-bedingten Energieverbrauch gibt es auch mehrere nationale Studien (Fraunhofer ISI/Cepe 2003; Fraunhofer ISI/FfE 2005; Fraunhofer IZM/Fraunhofer ISI 2009).

5.2.2 Aktivitätsdaten im Sektor GHD

Die im GHD-Sektor im Kontext der Energieeffizienz geeigneten Maße für die Aktivität sind die drei Größen Beschäftigte, reale Bruttowertschöpfung und Nutzfläche in m^2 . Die beste Datenverfügbarkeit sowohl im Hinblick auf konsistente Zeitreihen als auch die Differenziertheit nach einzelnen Branchen und Untergruppen weisen dabei die Beschäftigten bzw. Erwerbstätigen auf. Hinzuweisen ist jedoch auf die unterschiedliche statistische Abgrenzung dieser Größe in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (StBA 2009e) und im Unternehmensregister des Statistischen Bundesamtes (StBA 2008m), das nur die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten enthält. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass der Energieverbrauch des GHD-Sektors in der Definition der Energiebilanz (AGEB 2009) auch den Energieverbrauch von industriellen Kleinbetrieben unter 20 Beschäftigten enthält (Tabelle 5-1), die in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung vollständig in der Bruttowertschöpfung bzw. den Erwerbstätigen des Verarbeitenden Gewerbes (WZ2003-Abschnitt D) enthalten sind und sich dort auch nicht ohne zusätzliche Annahmen bzw. zusätzliche Datenquellen wie das Unternehmensregister herausrechnen lassen. Für die Bildung von Energieeffizienzindikatoren auf aggregierter Ebene (GHD gesamt), bei denen der Energieverbrauch nach der Energiebilanz mit einer aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung Aktivitätsgröße (Bruttowertschöpfung oder Erwerbstätige) korreliert wird, bedeutet dies, dass Zähler und Nenner in der Abgrenzung nicht vollständig übereinstimmen, da die Aktivitätsgröße nicht die industriellen Kleinbetriebe umfasst.

Für die meisten Branchen des GHD-Sektors und insbesondere den Stromverbrauch korreliert die Zahl der Beschäftigten dabei besser mit dem Energieverbrauch als die Bruttowertschöpfung. Die Heterogenität des GHD-Sektors macht jedoch die Wahl einer einzigen Aktivitätsgröße als Bezugsgröße für den Energieverbrauch schwierig. Zum Teil werden daher auch für einzelne Untergruppen typische Aktivitäten verwendet (z. B. Hektar Anbaufläche beim Ackerbau, Kilogramm Wäsche bei den Wäschereien, die Anzahl der Schüler und Studenten, die Bäderfläche oder die Zahl der Hotelübernachtungen). Die Problematik derartiger Aktivitätsgrößen liegt jedoch zum einen in der Schwierigkeit ihrer Erhebung und Fortschreibung. Zum anderen erschweren unterschiedliche Aktivitätsmaße für einzelne Subsektoren den Vergleich der Energieintensitäten sowie die Faktorenerlegung des Energieverbrauchs. Für raumwärmeintensive Bereiche des GHD-Sektors dürfte die (beheizte) Nutzfläche am besten mit dem Energie- und insbesondere dem Brennstoffverbrauch korrelieren und somit einen geeigneten technisch orientierten Indikator darstellen. Wegen seiner geringen Verfügbarkeit aus der offiziellen Statistik und der Unsicherheit in den Angaben ist diese Größe in der

Praxis jedoch nur von geringer Relevanz, zumal es schwierig ist, beheizte und unbeheizte Flächen aus dem vorliegenden Zahlenmaterial zu isolieren. Denn bisher existiert keine offizielle und differenzierte Betriebsflächenstatistik über alle Branchen des GHD-Sektors. Da die Fläche jedoch eine wertvolle Bezugsgröße für den Energieverbrauch darstellt, wurde diese in der aktuellen GHD-Erhebung (Fraunhofer ISI/Ife-TUM/GfK 2009) ebenfalls erfragt und über den spezifischen Flächenbedarf pro Erwerbstätigem und die Gesamtzahl der Erwerbstätigen auf Deutschland hochgerechnet. Damit handelt es sich hier, wie beim Energieverbrauch selbst, um eine aus den Befragungsergebnissen hochgerechnete und keine aus der offiziellen Statistik verfügbare Aktivitätsgröße. Außerdem erfolgte die Hochrechnung nur für einzelne Befragungsjahre (2004, 2006), so dass auch keine Zeitreihen auf jährlicher Basis zur Verfügung stehen.

Tabelle 5-3 Datenlage zum Energieverbrauch im Sektor GHD

Datenquelle	Erhebende Institution	Grad der "Offizialität"	Aggregationsniveau	Verfügbarkeit	Methodik	Bemerkungen
Energiebilanz für Deutschland	AG Energiebilanzen	quasi-amtlich	Gesamtsektor nach Energieträgern	jährlich (derzeit bis 2007 bzw. Ausw.tab. bis 2008)	Schätzung, teils basierend auf Erhebungen zu einzelnen E-trägern. GHD in Energiebilanz berechnet als Restgröße.	GHD inkl. Baugewerbe und Landwirtschaft (nicht separierbar); seit 2005 auch Militär nicht aus GHD herauszurechnen. Abgrenzungsprobleme zum HH-Sektor; Datenqualität für GHD unsicherer als für übrige Sektoren.
Energieverbrauch nach Anwendungsbereichen	AGEB / BDEW	quasi-amtlich	Gesamtsektor nach E-trägern und Anwendungsbereichen	jährlich (derzeit bis 2007)	Schätzung, basierend auf Energiebilanz, einzelnen Erhebungen und Expertenwissen	Sektor GHD in Abgrenzung der nationalen Energiebilanz
Erhebungen "Energieverbrauch im GHD-Sektor"	Fraunhofer ISI, TUM-IIE, GfK	Studie	Gesamtsektor unterteilt in 12 Branchen und 24 Splits nach Energieträgern und Anwendungsbereichen.	2001-2006 und frühere Erhebung für 1995 (Geiger et al).	Für drei Jahre persönliche Befragung in >2000 Arbeitsstätten (für 2001, 2004, 2006) und Hochrechnung über Beschäftigte und einzelne branchenspezif. Größen. Für übrige Jahre Schätzung/Interpolation der spezifischen Verbräuche und Hochrechnung über Beschäftigte.	Für einzelne Branchen und Subbranchen deutliche Schwankungen der spezif. Verbräuche pro Beschäftigtem, die auch zu Schwankungen in absoluten Verbräuchen führen. Abweichungen zu Gesamtwert Energiebilanz (ca. +/- 10 %). Werte 1995, 2001-2002 und 2003-2006 nicht vollständig vergleichbar.
Energiewirtschaftliche Referenzprognosen	ewi/prognos	Studie	Gesamtsektor nach Verw-zweck u. E-träger; EEV für 11 Branchen.	1995, 2000, 2002, 2005 und Prognose.	Schätzung, Modellrechnung. Verbrauch temperaturbereinigt.	

Tabelle 5-4 Datenlage zum Energieverbrauch wichtiger Querschnittstechniken im GHD-Sektor

Querschnittstechnik	Datenquelle	Grad der "Offizialität"	Aggregationsniveau	Verfügbarkeit	Methodik	Bemerkungen
Klimatisierung (dezentral)	EuP Studie Lot 10 zu domestic air-conditioning	Studie	Handel, Büros; verschiedene Gerätetechniken	Ein Basisjahr (2005) und Prognose	Modellrechnungen (Bestand, spezifischer Energiebedarf)	
IKT	Untersuchungen von Fraunhofer ISI et al. zum Energieverbrauch für IKT in Deutschland (2003, 2005, 2009)	Studie	IKT in Unternehmen insgesamt (GHD+Industrie), Büros, weitere Sypro-Zweisteller ggf. berechenbar; separate Ausweisung verschiedener IKT-Anwendungen (div. IKT-Endgeräte, Server/RZ)	Einzelne Jahre (2001, 2004, 2007)	Modellrechnungen (Bestand, spezifischer Energiebedarf)	Einzelne Jahre nur bedingt vergleichbar.
Straßenbeleuchtung	EuP Studie Lot 9 „(Public) street lighting“ www.eup4light.net	Studie	Anzahl der Lichtpunkte für jedes EU Land gegeben, mit Aufteilung auf einzelnen Lampentypen.	2005	Modellrechnungen (Bestand, spezifischer Energiebedarf)	Bestand ist berechnet anhand von Produktion, Importen, Exporten und einer mittleren Lebensdauer. Datenquelle meistens Procom
Kühlen/Gefrieren	EuP Studie Lot 12 „Commercial refrigerators and freezers“	Studie	Manche Werte nur für gesamte EU, einige Verkaufszahlen auch für Deutschland	EuP: 1998-2004 (max) Procom bis 2007	Modellrechnungen (Bestand, spezifischer Energiebedarf)	Bestand ist berechnet anhand von Produktion, Importen, Exporten und einer mittleren Lebensdauer. Datenquelle meistens Procom

Tabelle 5-5 Datenlage zu Aktivitätsgrößen im Sektor GHD

Aktivitätsgröße	Datenquelle	Grad der "Offizialität"	Aggregationsniveau	Verfügbarkeit	Methodik	Bemerkungen
Bruttowertschöpfung (real)	Statistisches Bundesamt, FS 18, Reihe 1 (VGR, Inlandsproduktberechnung)	amtlich	WZ-2-Steller-Ebene	jährlich (derzeit bis 2008)	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung; Deflationierung mittels Kettenindex. einheitlich für alle EU-Länder verfügbar.	Reale Werte in Euro werden nicht offiziell veröffentlicht (nur Kettenindex), sind aber auf Anforderung beim Statistischen Bundesamt erhältlich. Nicht-Additivität der Absolutwerte in Euro. Bei Umstellung der Methode oder Systematik Lange Reihen verfügbar.
Zahl der Erwerbstätigen	Statistisches Bundesamt, FS 18, Reihe 1 (VGR, Inlandsproduktberechnung)	amtlich	WZ-2-Steller-Ebene	jährlich (derzeit bis 2008)	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung; einheitlich für alle EU-Länder verfügbar.	Alle Beschäftigten.
Zahl der (sozialversicherungspflichtig) Beschäftigten	Statistisches Bundesamt, Unternehmensregister	amtlich	WZ2003-4-Steller-Ebene; Unterscheidung auch nach Betriebsgröße.	jährlich seit 2003 (derzeit bis 2006, ab 31.12.2009 bis 2007)	Erhebung in Unternehmen	Nur sozialversicherungspflichtig Beschäftigte.
Nutzfläche in m ²	Erhebungen GHD Sektor (ISI, TUM-IfE, GfK)	Studie	Gesamtsektor unterteilt in 12 Branchen und 24 Subsplits	2001-2006 und frühere Erhebung für 1995	Spezifischer Flächenbedarf pro Beschäftigtem aus Befragung hochgerechnet mit Zahl der Beschäftigten.	Auf Gebäudestatistik des Statistischen Bundesamt für Nichtwohngebäude nur Daten zum jährlichen Zubau verfügbar, nicht zum Bestand.
Branchenspezifische Aktivitätsgrößen wie Schüler, Bäderfläche, Übernachtungen	Statistisches Bundesamt Statist. Jb und jew. Fachstatistiken	i.d.R. amtlich	Einzelne Branchen	i.d.R. jährlich		Spezifische Verbräuche auf Basis unterschiedlicher Aktivitätsgrößen nicht untereinander vergleichbar.

5.3 Indikatoren

5.3.1 Überblick

Für den GHD-Sektor gibt es im Prinzip zwei Möglichkeiten, ein Indikatorsystem aufzubauen:

- Den subsektoralen Ansatz, bei dem der GHD-Sektor nach einzelnen Subsektoren aufgespalten wird.
- Den Gebäudeansatz, bei dem nach Gebäudetypen oder Gebäudegrößen unterschieden werden kann.

In Deutschland dominiert derzeit der subsektorale Ansatz. Mit den in Deutschland vorhandenen Daten können auf dieser Ebene sowohl auf den Energieverbrauch bezogene Indikatoren als auch – in Grenzen - Indikatoren nach Anwendungszwecken gebildet werden.

Für den GHD-Sektor wird vorgeschlagen, folgende Indikatoren zu berechnen:

1. Einfache Kennzahlen des Energieverbrauchs, bei denen der Energieverbrauch des Gesamtsektors sowie einzelner Subsektoren auf folgende Aktivitätsgrößen bezogen wird: reale Bruttowertschöpfung, Erwerbstätige, Nutzfläche in m², branchenspezifische Aktivitäten (nur für einzelne Subsektoren).
2. Wegen des relativ hohen Raumwärmeanteils im GHD-Sektor sollten auch temperaturbereinigte Indikatoren berechnet werden, bei denen der Raumwärmeanteil des Energieverbrauchs mittels Gradtagszahlen um den Einfluss von Witterungsunterschieden zwischen einzelnen Jahren bereinigt wird. Dafür wird in allen Verbrauchssektoren, in denen eine Temperaturbereinigung vorgenommen wird, mit der gleichen, in Abschnitt 2.2 beschriebenen Methode gerechnet.
3. Einen Indikator mit Komponentenzerlegung des Energieverbrauchs, bei dem die Entwicklung des Energieverbrauchs zwischen zwei Jahren auf folgende Faktoren zurückgeführt wird: Veränderung der Aktivität (Aktivitätseffekt), Veränderung der strukturellen Zusammensetzung des GHD-Sektors (Struktureffekt), sonstige Veränderungen, insbesondere die technische Effizienz der Energienutzung (Effizienz- oder Intensitätseffekt). Methodisch kann diese Berechnung wie für den Sektor Industrie (siehe Abschnitt 4.3.1) mit einem Divisia-Index erfolgen. Erforderlich sind für diese Berechnungen allerdings jährliche Daten zum Energieverbrauch einzelner Branchen. Da diese für den GHD-Sektor nur für einen kurzen Zeitraum – 2001-2006 – vorliegen, ist dieser Indikator im GHD-Sektor nur wenig aussagekräftig. Es wird daher vorgeschlagen, im GHD-Sektor auf die Berechnung eines solchen Indikators (vorerst) zu verzichten.
4. Einen re-aggregierten Indikator, bei dem auf Branchenebene ermittelte Effizienzverbesserungen summiert werden. Auch hier wird allerdings vorgeschlagen, wegen der Kürze der verfügbaren Zeitreihen zum Energieverbrauch auf Branchenebene im GHD-Sektor vorerst keinen ODEX auszuweisen.

5. Diffusionsindikatoren für einzelne industrielle Querschnittstechniken bzw. Anwendungszwecke (z.B. IKT, Klimatisierung). Im GHD-Sektor ist die Datenlage zur Berechnung solcher Indikatoren allerdings noch schwieriger als für die Industrie.

Die Berechnung der genannten Indikatoren kann auf einem unterschiedlichen Grad der Unterteilung des Gesamtsektors in Subsektoren erfolgen. Für diese Untersuchung werden folgende Aggregationsebenen vorgeschlagen:

Ebene 1: GHD insgesamt (in der Abgrenzung der Energiebilanz).

Ebene 2: GHD unterteilt in maximal 12 Subsektoren, orientiert an den aus der aktuellen GHD-Erhebung verfügbaren Daten zum Energieverbrauch auf subsektoraler Ebene (Tabelle 5-1).

Im Hinblick auf die Unterscheidung einzelner Energieträger wird eine Berechnung der Indikatoren für den Endenergieverbrauch insgesamt und zusätzlich differenziert nach Strom und Brennstoffen/Fernwärme vorgeschlagen. Um in einem weiteren Schritt auch Indikatoren für CO₂ abbilden zu können, werden die Brennstoffe bei der Datenerfassung noch in weitere Energieträger mit unterschiedlichen CO₂-Intensitäten unterteilt (Steinkohlen, Braunkohlen, Mineralöle, Gase, Erneuerbare Energien, Fernwärme). Die nachfolgende Berechnung der CO₂-Emissionen für den GHD-Sektor insgesamt erfolgte jedoch wie für Industrie (siehe Abschnitt 4.2) auf der differenzierteren Erfassung der Energieträger auf der Ebene der Energiebilanz. Auf Branchenebene muss jedoch mit durchschnittlichen brennstoffbezogenen Emissionsfaktoren gerechnet werden, da die Erhebungsstudie zum Energieverbrauch im GHD-Sektor (Fraunhofer ISI et al.) nur wenige Brennstoffe unterscheidet (Kohlen, Gase, Mineralöle). Neben den direkten (brennstoffseitigen) CO₂-Emissionen werden auch die dem Strom und der Fernwärme zuzurechnenden Emissionen berücksichtigt.

Tabelle 5-6 gibt einen Überblick über die für den GHD-Sektor vorgeschlagenen Indikatoren und die dahinter stehenden Aggregationsebenen und Abgrenzungen.

Tabelle 5-6 Indikatoren und Aggregationsebenen im GHD-Sektor

Ebene	Unterteilung Sektoren [WZ-Nr.]	Unterteilung Energieverbrauch	Indikatoren	Berechnungsmethode
Ebene 1: GHD gesamt	GHD gesamt in Abgrenzung der Energiebilanz	Endenergie Strom Brennstoffe (jeweils auch temp.ber.) CO ₂ -Emissionen (jeweils auch temp.ber.)	Energie/Bruttowertschöpfung Energie/Beschäftigte Energie/Nutzfläche Bei Verfügbarkeit längerer Zeitreihen zusätzlich: Indikator mit Komponentenzerlegung* re-aggregierter Indikator (ODEX)*	Input-Output-Relation Input-Output-Rel. Input-Output-Rel. Faktorenerlegung mit Divisia-Index Kettenindex
Ebene 2: GHD nach Subsektoren	Maximal 12 Subsektoren	Endenergie Strom Brennstoffe (jeweils auch temp.ber.) CO ₂ -Emissionen (jeweils auch temp.ber.)	Energie/Bruttowertschöpfung Energie/Beschäftigte Energie/Nutzfläche	Input-Output-Relation Input-Output-Rel. Input-Output-Rel.

* Die Ausweisung dieser Indikatoren erfolgt auf der Ebene 1, für die Berechnung sind jedoch detaillierte Daten auf Branchenebene (Ebene 2) erforderlich, die für den GHD-Sektor nur für einen kurzen Zeitraum vorliegen. Daher sind diese Indikatoren für den GHD-Sektor nur wenig aussagekräftig und auf ihre Berechnung wird zunächst verzichtet.

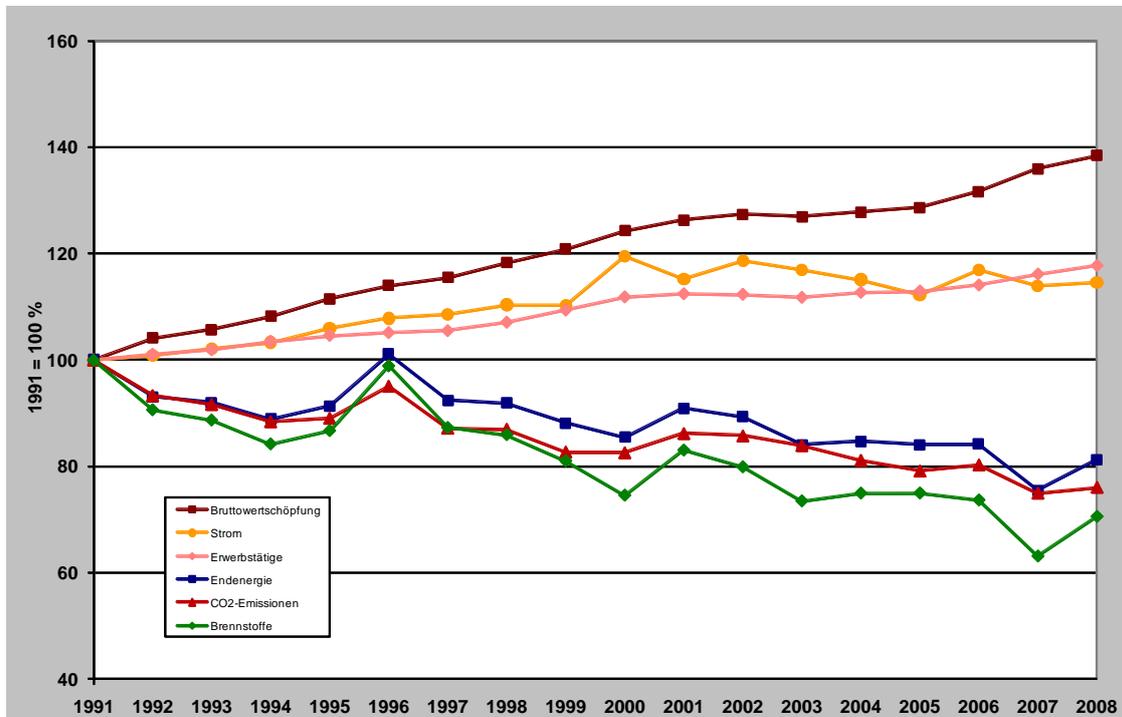
Die Erstellung der für die Berechnung dieser Indikatoren erforderlichen Datenbasis (Energieverbrauchs- und Aktivitätsdaten) erfolgt dabei in einer sektorspezifischen Excel-Datei. Diese Datei enthält auch die auf Grundlage dieser Daten berechneten Indikatoren. Die für den GHD-Sektor insgesamt (Ebene 1) erfassten Daten und berechneten Indikatoren umfassen in der Regel den Zeitraum 1991 bis 2006/2007. Auf subsektoraler Ebene (Ebene 2) lassen sich nach gegenwärtigem Stand (beschränkt) vergleichbare Zeitreihen maximal für den Zeitraum 2001-2006 berechnen. Die Excel-Datei kann außerdem für die Fortschreibung der Daten für weitere Jahre verwendet werden.

Die tabellarische und grafische Darstellung wichtiger Basisdaten und Indikatoren zum Industriesektor erfolgt zum einen in der im Rahmen dieses Projekts zu erstellenden Broschüre. Zum anderen ist Darstellung aller Daten und Indikatoren in Form von Excel-Tabellen vorgesehen. In diesem zweiten Zwischenbericht des Vorhabens werden im Folgenden ausgewählte Daten und Indikatoren für den Industriesektor grafisch und tabellarisch dargestellt und erläutert.

5.3.2 Berechnung von Indikatoren für den GHD-Sektor

5.3.2.1 Indikatoren auf Ebene 1: Sektor GHD insgesamt

Abbildung 5-1 Entwicklung von Energieverbrauch, Wirtschaftsleistung und Erwerbstätigkeit im GHD-Sektor



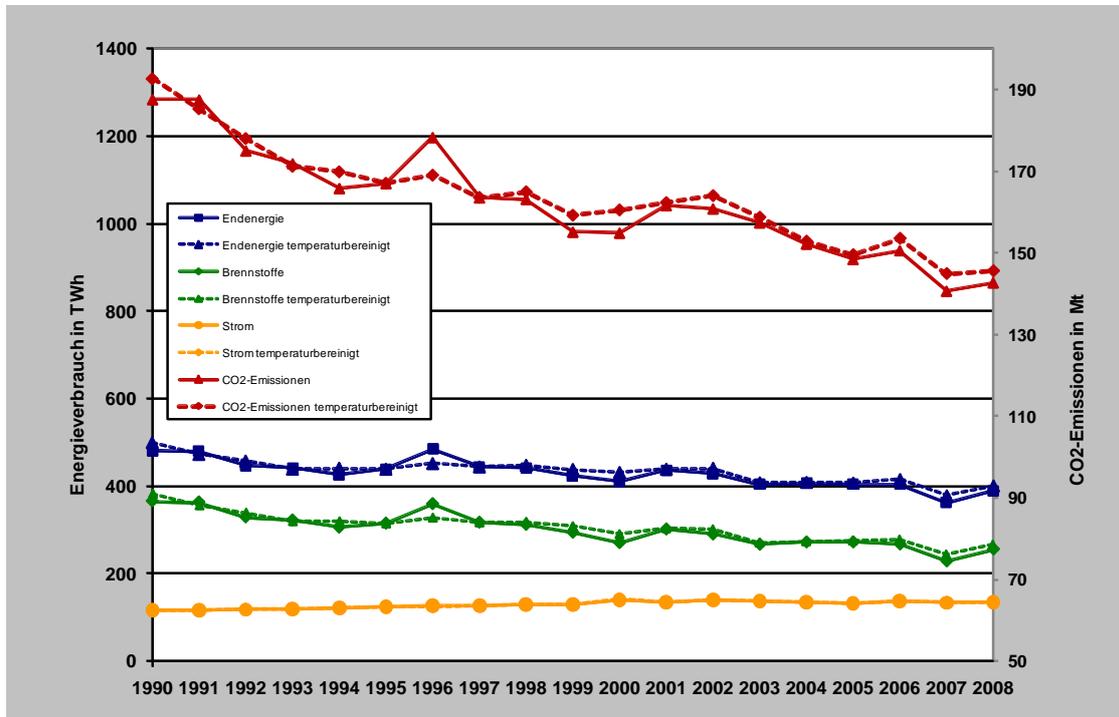
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Endenergie	TWh	482	480	447	441	427	439	485	444	441	423	410	436	429	403	407	403	404	362	390
Brennstoffe	TWh	365	363	329	322	306	315	359	317	312	294	270	301	290	266	272	272	267	229	256
Strom	TWh	116	117	118	120	121	124	126	127	129	129	140	135	139	137	135	131	137	133	134
CO2-Emissionen	Mt	188	188	175	172	166	167	178	164	163	155	155	162	161	157	152	148	151	141	143
Endenergie temperaturbereinigt	TWh	499	473	458	439	441	439	452	444	448	438	432	439	441	408	409	408	415	379	401
Bruttowertschöpfung [real]	Mrd. Euro		1114	1160	1178	1205	1242	1270	1287	1317	1347	1385	1407	1419	1414	1423	1433	1466	1514	1541
Erwerbstätige	Mio.		26,8	27,1	27,3	27,7	28,0	28,2	28,3	28,7	29,3	30,0	30,1	30,1	29,9	30,2	30,3	30,6	31,1	31,5

Quelle: AGEb 2009; StBA 2009e; Berechnungen Fraunhofer ISI.

Wichtige Aktivitätsgrößen im GHD-Sektor sind die reale Bruttowertschöpfung und die Zahl der Erwerbstätigen. Während die Bruttowertschöpfung im Betrachtungszeitraum um knapp 40 % wuchs, lag der Anstieg der Erwerbstätigen lediglich bei 18 % (Abbildung 5-1). Auch wenn es aufgrund der heterogenen Struktur des GHD-Sektors nicht möglich ist, eine für alle Subsektoren gleichermaßen geeignete Bezugsgröße für den Energieverbrauch zu bestimmen, so dürfte doch die Zahl Erwerbstätigen insgesamt besser mit dem Energie- und insbesondere dem Stromverbrauch korrelieren als die Bruttowertschöpfung. Der Endenergieverbrauch im GHD-Sektor ging zwischen 1991 und 2008 um knapp 20 % zurück. Dies war nur auf den Rückgang bei den Brennstoffen zurückzuführen, während der Stromverbrauch um rund 15 % zu-

nahm. Dabei verlief die Entwicklung des Stromverbrauchs insbesondere in den letzten Jahren sehr uneinheitlich und wies z. T. große Sprünge auf. Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, dass dem Strom im GHD-Sektor in der Energiebilanz alle statistischen Differenzen zugeschlagen werden, so dass der Wert nur bedingt aussagekräftig ist (siehe auch Abschnitt 5.2). Die Entwicklung der CO₂-Emissionen folgte weitgehend dem Verlauf des Endenergieverbrauchs, nur war der Rückgang noch etwas ausgeprägter.

Abbildung 5-2 Entwicklung des temperaturbereinigten und temperaturunbereinigten Strom- und Brennstoffverbrauchs sowie der CO₂-Emissionen im GHD-Sektor

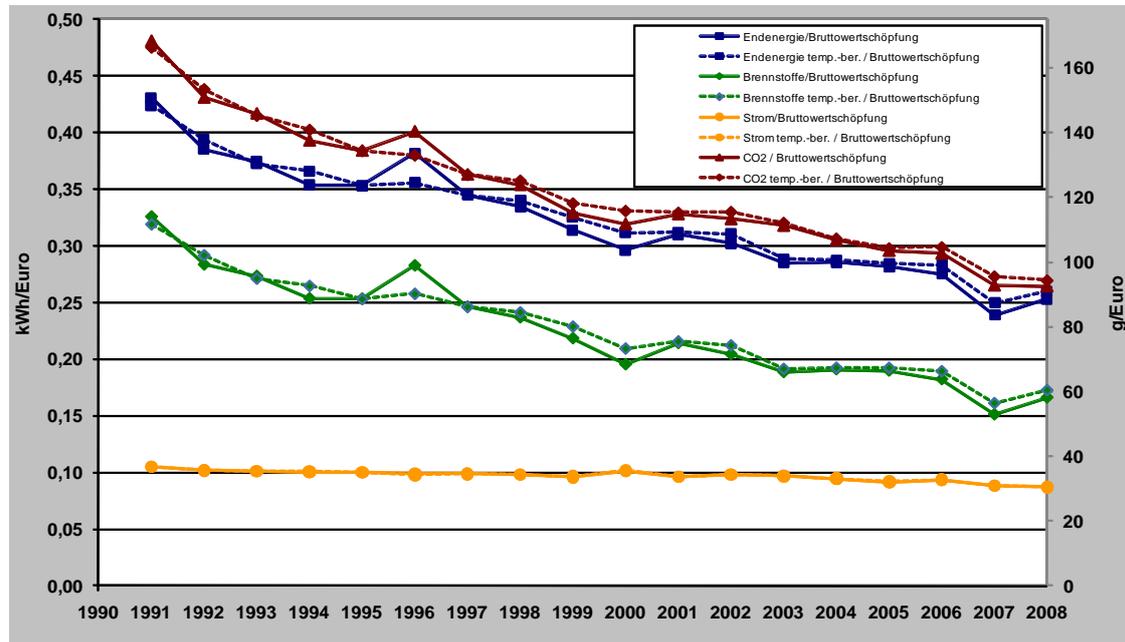


		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Endenergie	TWh	482	480	447	441	427	439	485	444	441	423	410	436	429	403	407	403	404	362	390
Brennstoffe	TWh	365	363	329	322	306	315	359	317	312	294	270	301	290	266	272	272	267	229	256
Strom	TWh	116	117	118	120	121	124	126	127	129	129	140	135	139	137	135	131	137	133	134
CO ₂ -Emissionen	Mt	188	188	175	172	166	167	178	164	163	155	155	162	161	157	152	148	151	141	143
Endenergie temperaturbereinigt	TWh	499	473	458	439	441	439	452	444	448	438	432	439	441	408	409	408	415	379	401
Brennstoffe temperaturbereinigt	TWh	382	356	339	320	319	315	328	317	318	308	290	304	301	271	274	276	278	244	266
Strom temperaturbereinigt	TWh	117	117	119	119	122	124	124	127	130	130	141	135	140	137	135	132	137	134	135
CO ₂ -Emissionen temperaturbereinigt	Mt	193	185	178	171	170	167	169	164	165	159	161	162	164	159	153	150	154	145	146

Quelle: AGEb 2009; StBA 2009e; Berechnungen Fraunhofer ISI basierend auf AGEb 2009, UBA 2009a, Ziesing 2009.

Die Gegenüberstellung von tatsächlichem und temperaturbereinigtem Verbrauch zeigt, dass der Stromverbrauch wegen des geringen Raumwärmeanteils kaum beeinflusst wird, während die temperaturbereinigte Entwicklung bei der Endenergie, den Brennstoffen sowie der CO₂-Emissionen gleichmäßiger verläuft. Die CO₂-Emissionen im GHD-Sektor gingen zwischen 1991 und 2004 um rund ein Viertel von 188 auf 143 Mt. zurück (nicht temperaturbereinigt) und sanken damit noch stärker als der Endenergieverbrauch (Abbildung 5-2). Dies war vor allem auf den steigenden Anteil der CO₂-ärmeren Gase am Endenergieverbrauch im GHD-Sektor zurückzuführen, der von 20 % in 1991 auf knapp 30 % in 2008 zunahm.

Abbildung 5-3 Entwicklung des Indikators "Energieverbrauch bzw. CO₂-Emissionen pro Einheit Bruttowertschöpfung" im GHD-Sektor

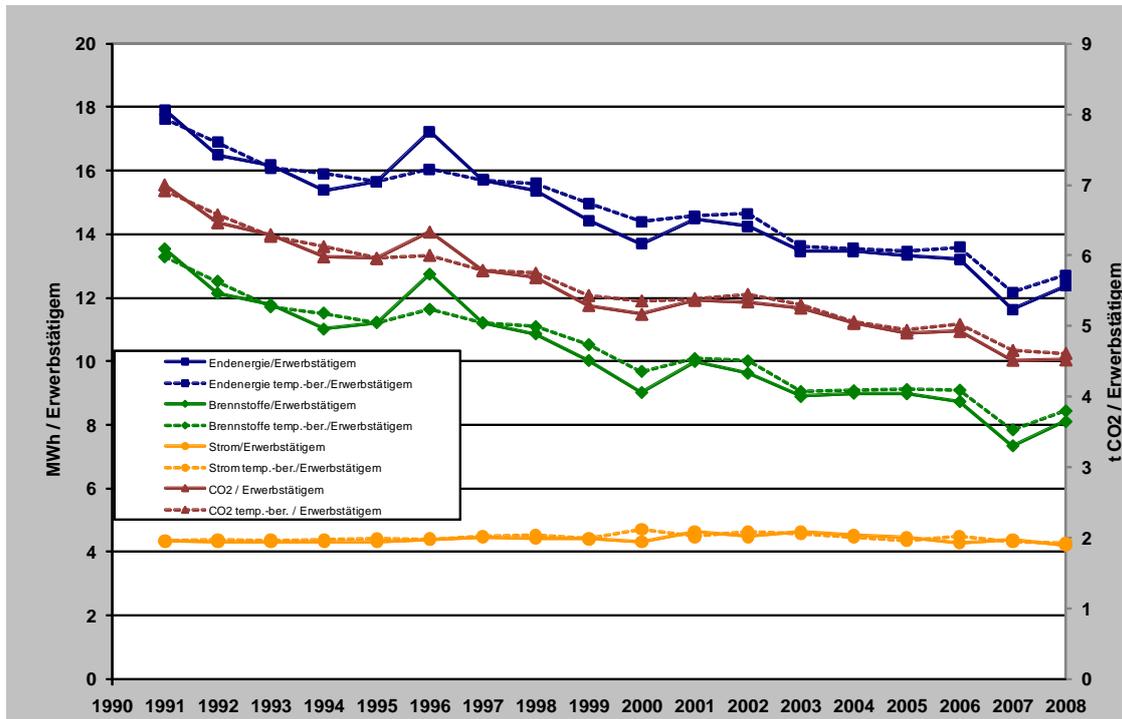


		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Endenergie / Bruttowertschöpfung	kWh / Euro	0,43	0,39	0,37	0,35	0,35	0,38	0,34	0,33	0,31	0,30	0,31	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28	0,24	0,25
Brennstoffe / Bruttowertschöpfung	kWh / Euro	0,33	0,28	0,27	0,25	0,25	0,28	0,25	0,24	0,22	0,20	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,15	0,17
Strom / Bruttowertschöpfung	kWh / Euro	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
CO ₂ / Bruttowertschöpfung	g / Euro	168,4	150,8	145,9	137,6	134,5	140,4	127,1	123,9	115,2	111,9	114,9	113,3	111,3	106,9	103,6	102,7	92,9	92,6
Endenergie temp.-ber. / Bruttowertschöpfung	kWh / Euro	0,42	0,39	0,37	0,37	0,35	0,36	0,35	0,34	0,33	0,31	0,31	0,31	0,29	0,29	0,28	0,28	0,25	0,26
Brennstoffe temp.-ber. / Bruttowertschöpfung	kWh / Euro	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25	0,26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,22	0,21	0,19	0,19	0,19	0,19	0,16	0,17
Strom temp.-ber. / Bruttowertschöpfung	kWh / Euro	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
CO ₂ temp.-ber. / Bruttowertschöpfung	g / Euro	166,4	153,5	145,4	141,0	134,5	133,1	127,1	125,3	118,2	115,9	115,4	115,6	112,2	107,4	104,3	104,7	95,7	94,4

Quelle: AGEb 2009; StBA 2009e; Berechnungen Fraunhofer ISI.

Der Energieverbrauch pro Einheit Bruttowertschöpfung ging zwischen 1991 und 2008 bei den Brennstoffen deutlich um knapp 50 % zurück, während beim Strom nur ein moderater Rückgang von 17 % zu verzeichnen war (Abbildung 5-3). Ursache dafür ist die Zunahme von Stromanwendungen insbesondere für Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in Bürogebäuden und für Klimatisierung und Kühlung in Bürogebäuden sowie im Handel und Gastgewerbe, die gleichzeitig stattfindende Effizienzverbesserungen teilweise kompensiert. Bei der Bewertung der auf die Bruttowertschöpfung bezogenen Energieintensität des GHD-Sektors ist allerdings zu berücksichtigen, dass sowohl der Strom- als auch der Wärmebedarf stärker mit der Zahl der Erwerbstätigen und der Entwicklung der beheizten und gekühlten Fläche korreliert sind als mit der Bruttowertschöpfung.

Abbildung 5-4 Entwicklung des Indikators "Energieverbrauch bzw. CO₂-Emissionen pro Erwerbstätigem" im GHD-Sektor

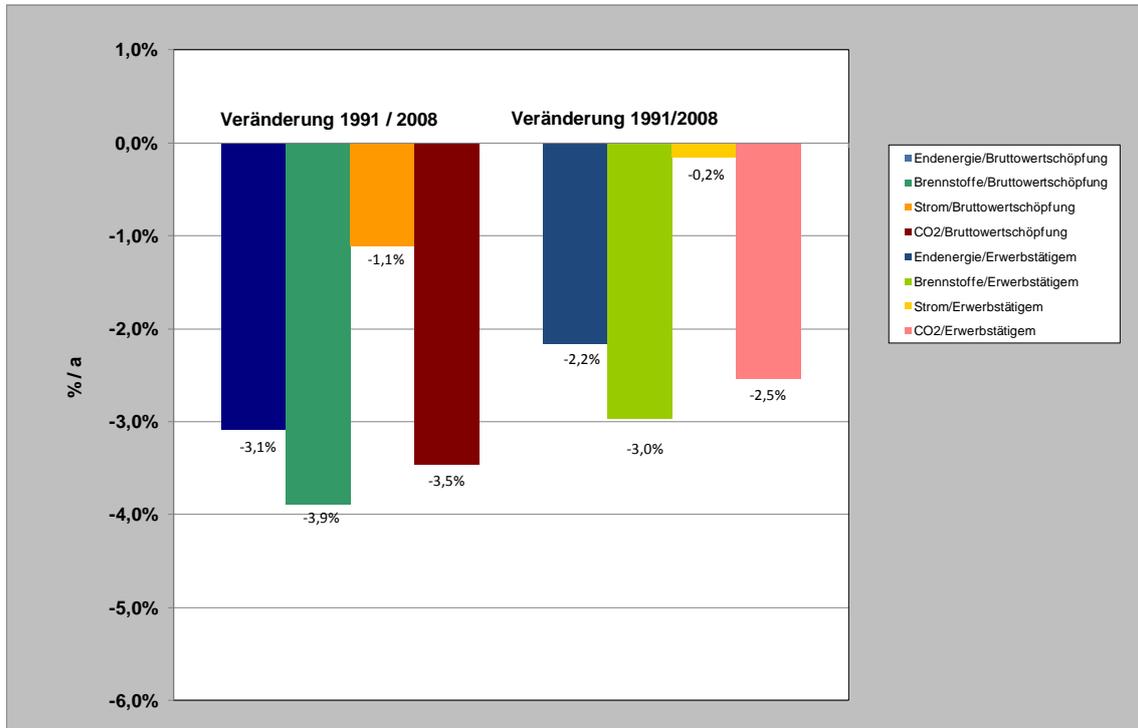


		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Endenergie / Erwerbstätigem	MWh/Erw.t.	17,9	16,5	16,2	15,4	15,7	17,2	15,7	15,4	14,4	13,7	14,5	14,3	13,5	13,5	13,3	13,2	11,6	12,4
Brennstoffe / Erwerbstätigem	MWh/Erw.t.	13,5	12,1	11,8	11,0	11,2	12,7	11,2	10,9	10,0	9,0	10,0	9,6	8,9	9,0	9,0	8,7	7,4	8,1
Strom / Erwerbstätigem	MWh/Erw.t.	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,5	4,4	4,4	4,3	4,6	4,5	4,6	4,5	4,5	4,3	4,4	4,2
CO ₂ / Erwerbstätigem	t/Erw.t.	7,0	6,5	6,3	6,0	6,0	6,3	5,8	5,7	5,3	5,2	5,4	5,3	5,3	5,0	4,9	4,9	4,5	4,5
Endenergie temp.-ber. / Erwerbstätigem	MWh/Erw.t.	17,6	16,9	16,1	15,9	15,7	16,0	15,7	15,6	15,0	14,4	14,6	14,7	13,6	13,5	13,5	13,6	12,2	12,7
Brennstoffe temp.-ber. / Erwerbstätigem	MWh/Erw.t.	13,3	12,5	11,7	11,5	11,2	11,6	11,2	11,1	10,5	9,7	10,1	10,0	9,1	9,1	9,1	9,1	7,9	8,4
Strom temp.-ber. / Erwerbstätigem	MWh/Erw.t.	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,4	4,7	4,5	4,6	4,6	4,5	4,4	4,5	4,3	4,3
CO ₂ temp.-ber. / Erwerbstätigem	t/Erw.t.	6,9	6,6	6,3	6,1	6,0	6,0	5,8	5,8	5,4	5,4	5,4	5,5	5,3	5,1	4,9	5,0	4,7	4,6

Quellen: AGEB 200d; StBA 2009e; Berechnungen Fraunhofer ISI.

Bezogen auf die Zahl der Erwerbstätigen fiel der spezifische Verbrauchsrückgang dementsprechend bei den Brennstoffen mit rund 40 % zwischen 1991 und 2008 geringer aus als bezogen auf die Bruttowertschöpfung (Abbildung 5-4). Beim Strom ist der Unterschied noch deutlicher, hier bleibt der auf die Zahl der Erwerbstätigen bezogene Stromverbrauch zwischen 1991 und 2008 nahezu konstant. Insgesamt dürfte der auf die Erwerbstätigen bezogene Indikator die Entwicklung der Energieeffizienz im GHD-Sektor zutreffender abbilden als die Bruttowertschöpfung. Eine noch geeignetere Bezugsgröße für den Raumwärmebedarf wäre sicherlich die beheizte oder genutzte Fläche, für die es allerdings im GHD-Sektor, anders als für die privaten Haushalte, derzeit noch keine aus der offiziellen Statistik verfügbaren Daten gibt.

Abbildung 5-5 Veränderung der Indikatoren Energieverbrauch bzw. CO₂-Emissionen pro Einheit Bruttowertschöpfung und pro Erwerbstätigem im GHD-Sektor im Zeitraum 1991 bis 2008

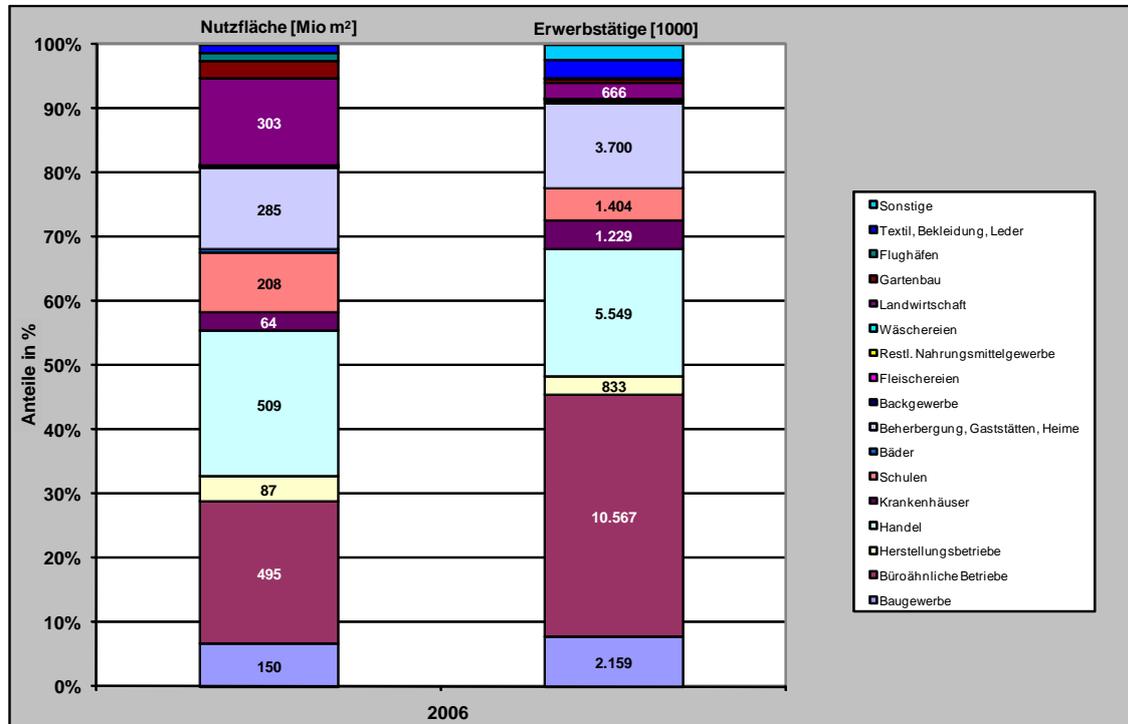


Quellen: AGEB 2009; StBA 2009e; Berechnungen Fraunhofer ISI.

Abbildung 5-5 zeigt nochmals zusammenfassend den durchgängig stärkeren Rückgang des auf die Bruttowertschöpfung bezogenen Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen als des auf die Erwerbstätigen bezogenen Wertes für den Zeitraum 1991/2008. Der größte Unterschied zeigt sich beim spezifischen Stromverbrauch, wobei die Erwerbstätigen gerade im Hinblick auf den Strom die geeignetere Bezugsgröße darstellen.

5.3.2.2 Indikatoren auf Ebene 2: Sektor GHD unterteilt in ausgewählte Branchen

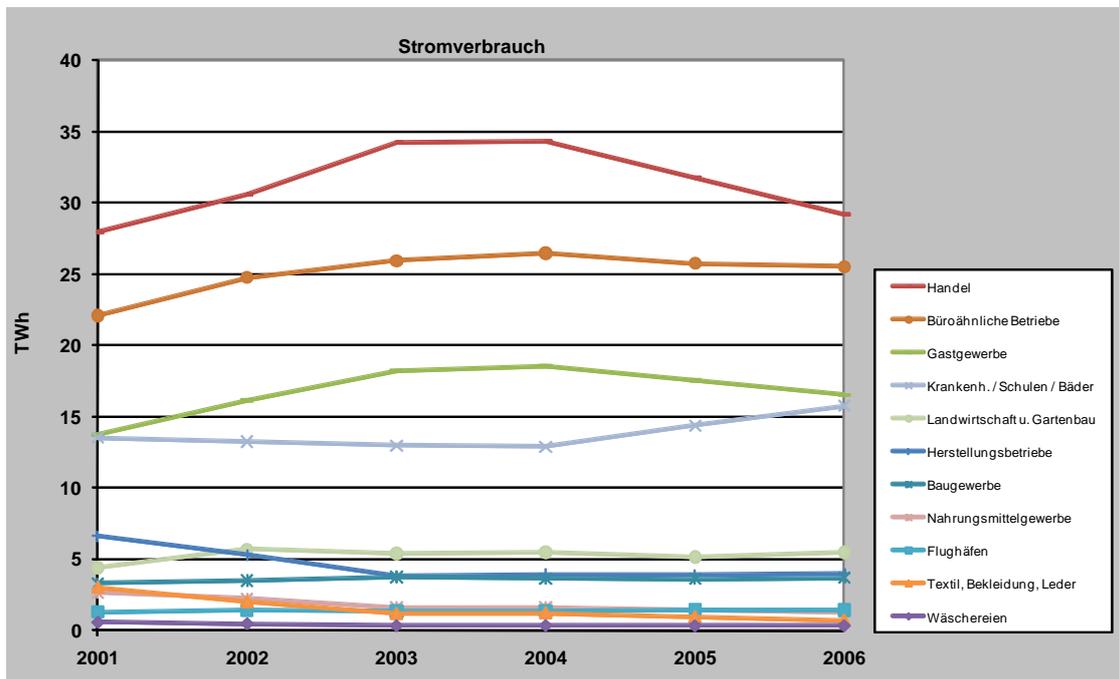
Abbildung 5-6 Anteile der Branchen an den Aktivitätsgrößen Nutzfläche und Erwerbstätige im Jahr 2006



Quellen: Fraunhofer ISI, TUM-IIE, GfK 2009.

Die Anteile der unterschiedenen Subsektoren an den Aktivitätsgrößen "Nutzfläche" und "Erwerbstätige" variieren im GHD-Sektor (Abbildung 5-6). Der bezogen auf die Erwerbstätigkeit bedeutendste Sektor sind die büroähnlichen Betriebe, gefolgt von Handel und Gastgewerbe. Bezogen auf die Nutzfläche sind neben den Genannten auch Schulen/Universitäten sowie die Landwirtschaft von Bedeutung.

Abbildung 5-7 Entwicklung des Stromverbrauchs (nicht temperaturbereinigt) nach ausgewählten Branchen des GHD-Sektors 2001-2006

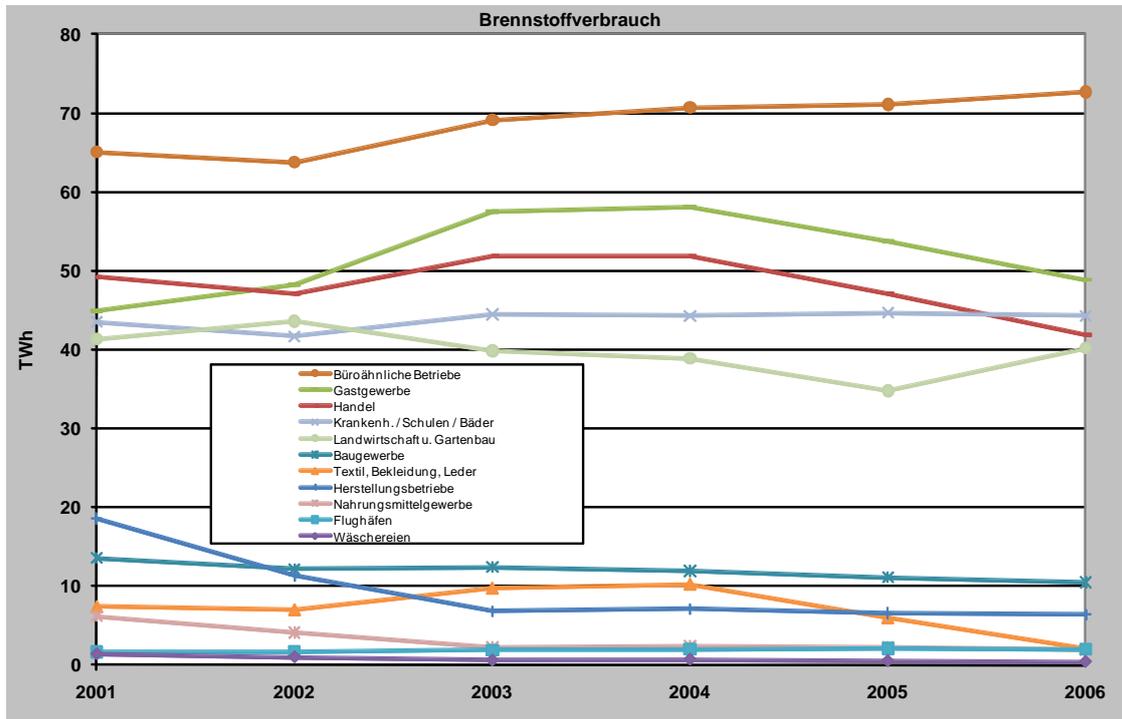


		2001	2002	2003	2004	2005	2006
Baugewerbe	TWh	3,3	3,5	3,8	3,6	3,6	3,7
Büroähnliche Betriebe	TWh	22,1	24,8	26,0	26,5	25,8	25,6
Herstellungsbetriebe	TWh	6,6	5,3	3,8	4,0	3,9	4,0
Handel	TWh	28,0	30,6	34,3	34,3	31,8	29,2
Krankenh., Schulen, Bäder	TWh	13,5	13,3	13,0	12,9	14,4	15,8
Gastgewerbe	TWh	13,8	16,2	18,3	18,5	17,5	16,5
Nahrungsmittelgewerbe	TWh	2,7	2,2	1,6	1,6	1,4	1,3
Wäschereien	TWh	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3
Landwirtschaft und Gartenbau	TWh	4,4	5,7	5,4	5,5	5,2	5,5
Flughäfen	TWh	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4
Textil, Bekleidung, Leder	TWh	3,0	2,0	1,2	1,2	0,9	0,7

Quellen: Fraunhofer ISI, TUM-IfE, GfK 2009.

Den weitaus höchsten Stromverbrauch innerhalb des GHD-Sektors haben der Handel und die büroähnlichen Betriebe. Weitere bedeutende Stromverbraucher sind das Gastgewerbe sowie die Krankenhäuser, Schulen und Bäder (Abbildung 5-7).

Abbildung 5-8 Entwicklung des Brennstoffverbrauchs (nicht temperaturbereinigt) nach ausgewählten Branchen des GHD-Sektors 2001-2006



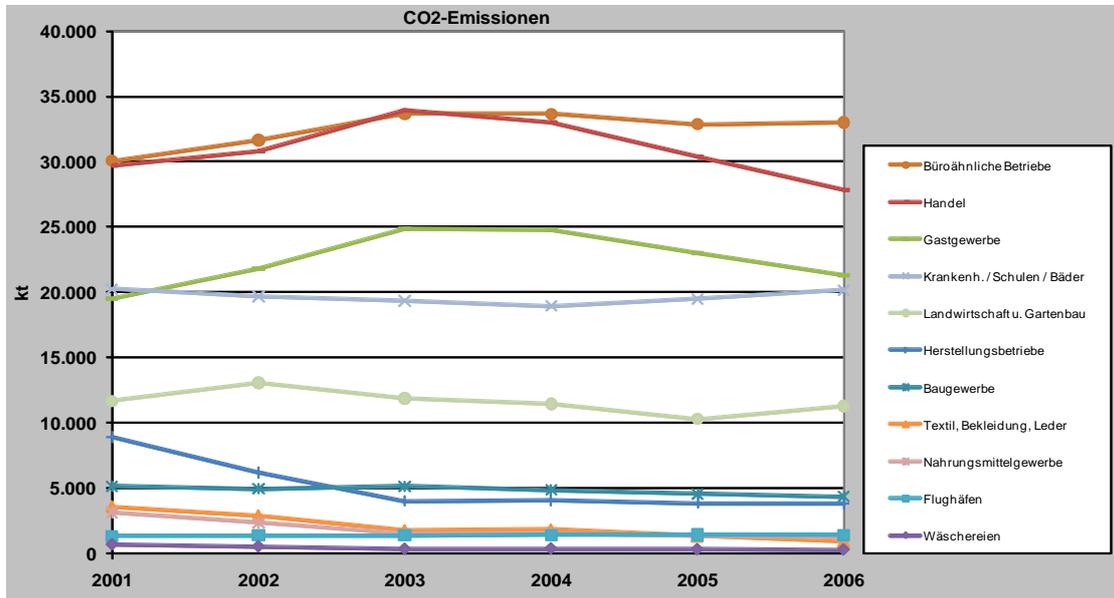
		2001	2002	2003	2004	2005	2006
Baugewerbe	TWh	13,6	12,2	12,4	11,9	11,1	10,5
Büroähnliche Betriebe	TWh	65,1	63,8	69,1	70,7	71,1	72,7
Herstellungsbetriebe	TWh	18,6	11,3	6,8	7,1	6,6	6,4
Handel	TWh	49,2	47,0	51,8	51,8	47,1	41,9
Krankenh., Schulen, Bäder	TWh	43,5	41,7	44,5	44,3	44,7	44,3
Gastgewerbe	TWh	44,9	48,2	57,5	58,1	53,7	48,9
Nahrungsmittelgewerbe	TWh	6,2	4,1	2,2	2,4	2,2	1,9
Wäschereien	TWh	1,4	1,0	0,6	0,7	0,5	0,4
Landwirtschaft und Gartenbau	TWh	41,3	43,6	39,8	38,9	34,8	40,2
Flughäfen	TWh	1,7	1,7	1,9	2,0	2,1	2,0
Textil, Bekleidung, Leder	TWh	7,4	7,0	9,7	10,2	6,0	2,1

Quellen: Fraunhofer ISI, TUM-IfE, GfK 2009.

Der Brennstoffbedarf im GHD-Sektor dient vor allem der Raumheizung. Der Anteil der Raumwärme an Brennstoffverbrauch liegt bei knapp 60 %. Im Hinblick auf den Brennstoffbedarf sind die Bürogebäude der größte Energieverbraucher, gefolgt von Gastgewerbe, Krankenhäusern/Schulen/Bädern und dem Handel. Auch die Landwirtschaft

und der Gartenbau haben einen größeren Anteil am Brennstoffverbrauch im GHD-Sektor (Abbildung 5-8).

Abbildung 5-9 Entwicklung der CO₂-Emissionen (nicht temperaturbereinigt) nach ausgewählten Branchen des GHD-Sektors 2001-2006

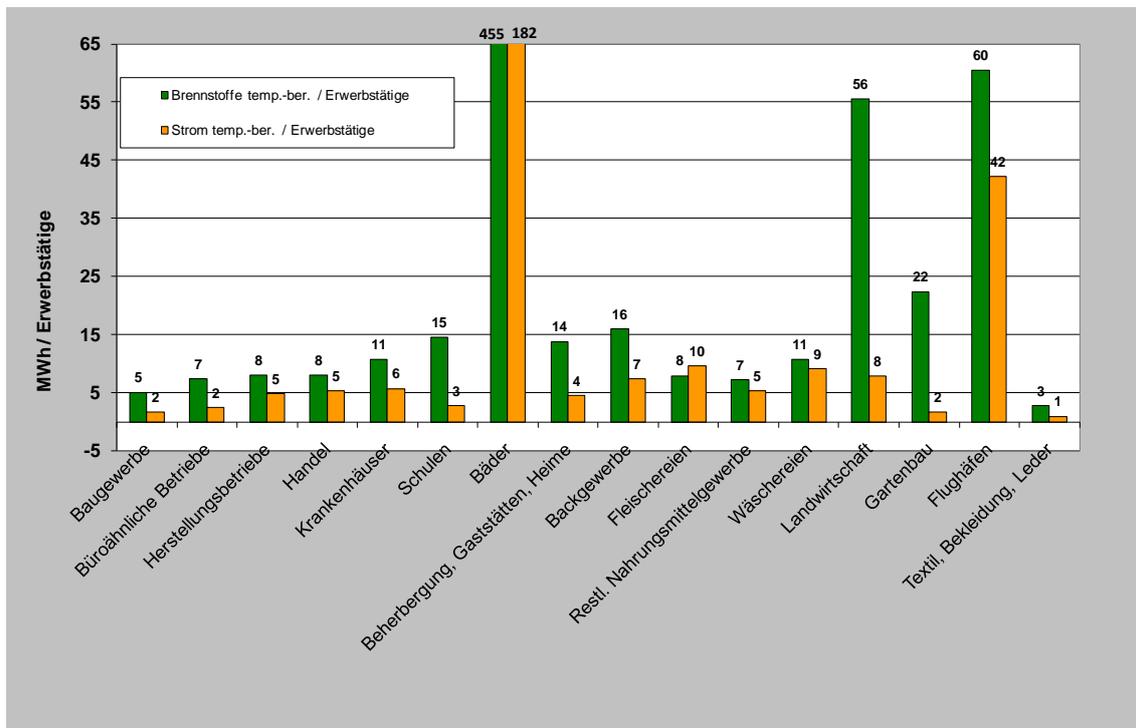


		2001	2002	2003	2004	2005	2006
Baugewerbe	kt	5150,5	4975,4	5153,5	4867,2	4570,5	4383,0
Büroähnliche Betriebe	kt	30057,5	31653,9	33645,9	33652,3	32859,8	33009,4
Herstellungsbetriebe	kt	8923,3	6202,1	4030,9	4100,1	3871,2	3830,1
Handel	kt	29708,1	30779,6	33899,9	33040,4	30384,2	27800,7
Krankenh., Schulen, Bäder	kt	20257,2	19687,0	19348,5	18949,3	19485,1	20170,6
Gastgewerbe	kt	19522,8	21840,9	24883,7	24781,5	22974,7	21322,1
Nahrungsmittelgewerbe	kt	3148,0	2360,1	1518,7	1532,1	1346,9	1276,2
Wäschereien	kt	699,5	545,6	353,4	381,3	321,0	306,9
Landwirtschaft und Gartenbau	kt	11687,3	13079,2	11888,2	11466,7	10311,2	11288,5
Flughäfen	kt	1346,2	1413,1	1402,3	1423,7	1454,9	1416,2
Textil, Bekleidung, Leder	kt	3607,0	2923,5	1800,8	1847,9	1352,8	961,7

Quellen: Fraunhofer ISI, TUM-IfE, GfK 2009,

Analog zum Strom- und Brennstoffverbrauch zeigt sich auch bei der Entwicklung der CO₂-Emissionen nach Branchen im GHD-Sektor wiederum die dominierende Bedeutung der büroähnlichen Betriebe und des Handels, gefolgt vom Gastgewerbe und der Gruppe Krankenhäuser/Schulen/Bäder (Abbildung 5-9).

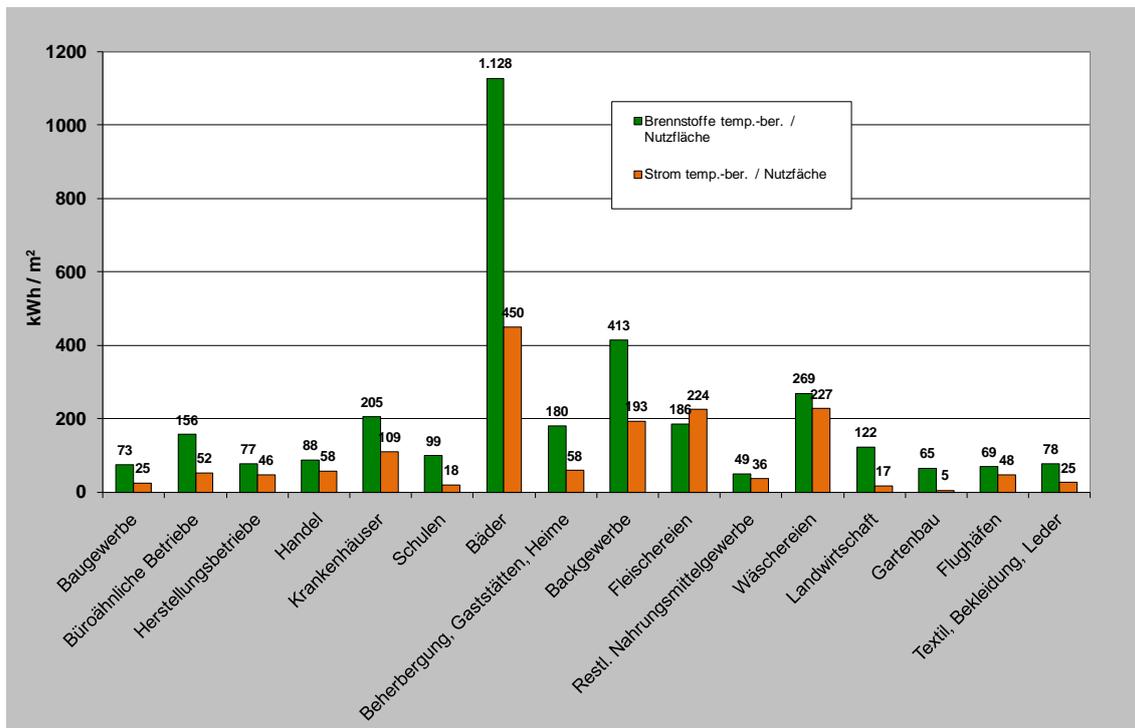
Abbildung 5-10 Temperaturbereinigter Strom- und Brennstoffverbrauch pro Erwerbstätigem im Jahr 2006



Quellen: Fraunhofer ISI, TUM-IIE, GfK 2009.

Bei den spezifischen, hier auf die Erwerbstätigen bezogenen (temperaturbereinigten) Energieverbräuchen sieht die Branchenverteilung anders aus. Den höchsten spezifischen Stromverbrauch weisen die Bäder sowie die Flughäfen auf. Bei den Brennstoffen liegen diese Branchen ebenfalls am höchsten, gefolgt von der Landwirtschaft (Abbildung 5-10).

Abbildung 5-11 Temperaturbereinigter Strom- und Brennstoffverbrauch pro Nutzfläche im Jahr 2006



Quellen: Fraunhofer ISI, TUM-IfE, GfK 2009.

Auch bei den auf die Nutzfläche bezogenen (temperaturbereinigten) Energieverbräuchen weisen die Bäder den höchsten spezifischen Verbrauchswert auf (Abbildung 5-11). Einen hohen spezifischen Stromverbrauch haben auch Wäschereien, Backgewerbe und Fleischereien. Bei den Brennstoffen liegen neben dem diesen drei Branchen auch Krankenhäusern und die büroähnlichen Betriebe relativ hoch, bedingt durch den hohen Energiebedarf für Raumwärme.

Im Folgenden werden die in Abbildung 5-6 bis Abbildung 5-11 dargestellten Branchen im Hinblick auf ihre Energieverbrauchsstrukturen nochmals detaillierter beschrieben (Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK 2009).

Das *Baugewerbe* ist eine sehr heterogene Branche hinsichtlich Betriebsgrößen und -strukturen. Die Schwerpunkte liegen im Bauhauptgewerbe beim Hoch-, Fertig- und Tiefbau; im Ausbaugewerbe sind Installateure sowie Maler und Lackierer die größten Sparten. Der Energieverbrauch verteilt sich auf Raumwärme und Produktion im Betrieb sowie auf eine Vielzahl von Maschinen und Geräten auf der Baustelle und den Baustellenverkehr. Betriebe des Bauhauptgewerbes setzen wesentlich mehr energieintensive Geräte im Betrieb selbst wie auch auf der Baustelle ein als im Ausbaugewerbe. Fast alle Geräte außer Gabelstapler und Kipplader werden mit Strom betrieben. Im Baugewerbe bestehen erhebliche Probleme der Erfassung des Energieverbrauchs, vor allem bei den Verbräuchen auf der Baustelle, z. B. für Baustrom und Containerbeheizung, weil die Kosten hierfür vom Bauherrn getragen werden. Schwierig ist auch die Abgren-

zung des Dieserverbrauchs für Baustellenfahrzeuge, der zum Teil dem GHD-Sektor und zum Teil dem Verkehrssektor zuzuordnen ist.

Die zur Gruppe „*Büroähnliche Betriebe*“ zusammengefassten Wirtschaftszweige decken ein breites Spektrum öffentlicher und privater Dienstleistungen ab: Banken und Versicherungen, öffentliche Betriebe sowie sonstige betriebliche Dienstleistungen, teilweise mit klarem Bürocharakter wie Rechtsanwälte oder Steuerberater, teilweise aber auch mit weiteren energietechnisch relevanten Schwerpunkten wie Abfallbeseitigung, Frisöre, Gebäudereinigung oder Ärzte. Aus energietechnischer Sicht weisen die meisten dieser Bereiche jedoch ähnliche Strukturen auf. Es dominiert die Raumwärme, gefolgt von Stromanwendungen für Beleuchtung, Lüftung und Klimatisierung, Informations- und Kommunikationstechniken. Die Anteile klimatisierter, gekühlter oder belüfteter Räume liegen im Durchschnitt der Gruppe bei rund 10 %.

Zu den *Herstellungsbetrieben* zählen Metall-, Kfz-, Holz-, Papier- und Druckbetriebe. Neben allgemeinen Ausstattungsmerkmalen wie Beheizung, Lampen, Bürogeräte sowie Lüftung und Klimatisierung kommen hier insbesondere beim Strom verstärkt branchenspezifische Prozesstechniken zum Einsatz. Die Brennstoffe hingegen werden überwiegend für die Raumheizung eingesetzt. Das *Metallgewerbe* umfasst betriebstechnisch heterogene Wirtschaftszweige mit unterschiedlicher Energieintensität. Die relativ größten Anteile im GHD-Sektor entfallen auf Maschinenbau, Elektrotechnik, Schlossereien und Schweißereien, Herstellung medizinischer und orthopädischer Erzeugnisse und EBM-Waren. Entsprechend groß ist die Vielfalt der Produktionstechniken; bei diesen kommt meist Strom zum Einsatz, z. B. für Druckluftherzeugung, zum Formen und zum Trennen. Brennstoffe werden neben der Raumheizung für Wärmebehandlungsprozesse wie z. B. Härten, Vergüten, Glühen, Schweißen etc. verwendet. Zum *Kfz-Gewerbe* gehören Werkstätten, Autohäuser und Mischbetriebe. Haupttätigkeitsfeld der Werkstätten ist die Kfz-Mechanik, gefolgt von Karosserie und Lackierarbeiten. Hinzu kommen Büro- und Verkaufsräume. Der Stromeinsatz in Kfz-Betrieben konzentriert sich im Wesentlichen auf die Bereiche Beleuchtung, Antriebe von Pumpen und Arbeitsgeräten sowie Druckluft für Werkstatt und Servicebereich. Das *Holzgewerbe* enthält die Herstellung von Möbeln und Bauteilen mit jeweils relativ wenig energieintensiver Arbeitsausstattung; die übrigen Betriebe sind Sägewerke. Absauganlagen stellen mit einem Anteil von ca. 40 % am Gesamtstromverbrauch die größten Stromverbraucher im Tischlereibetrieb dar. Im *Papier- und Druckgewerbe* handelt es sich bei den Kleinbetrieben um Druckereien, Buchbinder, Licht- und Fotopausereien. Der Stromeinsatz entfällt vor allem auf Druckmaschinen, gefolgt von Anlagen zum Schneiden, Falzen und Heften. Digitaldruckmaschinen, Druckluft, Beleuchtung, Klimatisierung und der Standby-Betrieb von Anlagen spielen ebenfalls eine Rolle.

Der *Groß und Einzelhandel* ist neben den Bürobetrieben die größte Branche im GHD-Sektor. Energetisch von Bedeutung ist die Unterscheidung nach Lebensmittel- und Non-Food-Sparten. Im Lebensmittelhandel besteht ein hoher Kältebedarf für Kühlen und Gefrieren. Jedoch stellt der Raumwärmebedarf den Schwerpunkt des Energieverbrauchs dar. Stromseitig ist im Handel die Beleuchtung ein großer Faktor. Im Lebensmitteleinzelhandel schlägt auch die Klimatisierung von Verkaufsräumen merklich zu

Buche. Obwohl die Zahl der Einzelhandelsbetriebe infolge eines Konzentrationsprozesses schrumpft, nimmt die Verkaufsfläche seit Jahren zu, was sich auch auf den Energieverbrauch auswirken dürfte. Immer häufiger gibt es in Lebensmittelläden auch Backwaren- und Imbissbereiche, die mit Öfen zum Aufbacken oder Erwärmen von Brot-, Fleisch- und Wurstwaren ausgestattet sind. Auch der Energiebedarf von Registrierkassen ist nicht zu vernachlässigen.

Krankenhäuser, Schulen und Bäder sind energietechnisch sehr unterschiedlich zu beurteilen. *Krankenhäuser* zeichnen sich durch einen hohen Raum- und Prozesswärmebedarf aus. Letzterer fällt insbesondere ins Gewicht, wenn eine eigene Wäscherei betrieben wird. Strombedarf entsteht außer für Beleuchtung vor allem für Lüftung und Klimatisierung. Der Bereich der *Schulen* ist recht heterogen; er reicht von Schulkinder-gärten bis hin zu Universitäten. Vom Energieverbrauch her gesehen dominiert der Raumwärmebedarf. Strom wird vor allem für Beleuchtung benötigt. Der Energieverbrauch in Bädern entfällt zum großen Teil auf Prozesswärme für die Wassererwärmung, in Hallenbädern auch auf die Raumheizung. Bäder haben heute eine sehr komplexe technische Gebäudeausrüstung, v. a. Lüftung, Elektro- und Beckenwassertechnik, die auch einen erheblichen Stromverbrauch verursachen. Außerdem verfügen Bäder immer häufiger über Zusatzeinrichtungen, die energieintensiv sind, wie Sauna, Solarium, Wellness- und Gesundheitsbereich, Fitnessräume, Restaurant etc.

Das *Gastgewerbe* besteht aus dem Gaststättenbereich und dem Beherbergungs-gewerbe. Zwar sind als Dienstleistungsbranche alle Betriebsgrößen im GHD-Sektor enthalten, es dominieren jedoch kleine bis sehr kleine Betriebe. Vom Energieverbrauch her gesehen kommt in beiden Bereichen der Raumwärme und damit dem Brennstoffverbrauch die größte Bedeutung zu. Der zweite Energieverbrauchsschwerpunkt nach der Raumheizung ist die Prozesswärme für die Küche, vor allem für das Garen von Speisen, aber auch für das Warmhalten und Erwärmen von Speisen, die Geschirrvorwärmung und die Geschirr-Reinigung. Strom wird ebenfalls vor allem für das Kochen eingesetzt, in zweiter Linie für Kälteanlagen, außerdem für Spülen, Wäschewaschen und Beleuchtung. Kühl- und Gefriereinrichtungen nehmen in der Bedeutung zu, da wegen der Flexibilität des Angebots immer mehr Tiefkühlprodukte verwendet werden. Im Übrigen spielt auch die Beleuchtung eine relativ große Rolle für den Energieverbrauch.

Zum *Nahrungsmittelgewerbe* gehören im GHD-Sektor vor allem Bäckereien und Fleischereien. Die hauptsächlichen Energieverbraucher in *Bäckereien* sind die Backöfen. In den hier einbezogenen eher kleineren Bäckereien werden in aller Regel diskontinuierliche Verfahren eingesetzt, z. B. Etagenbacköfen oder Backschränke. Heute verfügen Filialen und auch Produktionsbetriebe mit Ladengeschäft häufig über einen elektrischen Backofen direkt im Verkaufsraum zum Fertigbacken von vorproduzierten Teiglingen. Strom wird außerdem vor allem für Kälteanlagen eingesetzt. Vergleichsweise geringe Anteile des Stroms entfallen auf Kraft (Maschinen, z. B. zum Sieben, Mischen, Kneten und Rühren, sowie Lüftung), Beleuchtung und Warmwassererzeugung. Energieverbrauchsschwerpunkt in *Fleischereien* ist die Wurstherstellung. In Kochkesseln und Kombinationskochschränken werden verschiedene Wärmebehandlungsverfahren

durchgeführt. Die Rohwurstherstellung erfolgt in Reife- und Räucherkammern. Die Produktionsanlagen werden überwiegend mit Brennstoffen, weniger mit Strom beheizt. Der Hauptanteil des Stroms entfällt auf Wassererwärmung sowie Kühlen und Gefrieren. Der Stromverbrauch für Kühlen und Gefrieren nimmt zu, da die Betriebe immer mehr Kühl- und Tiefkühlprodukte zusätzlich nutzen oder verkaufen.

Die Gruppe der *Wäschereien* beinhaltet hier das gesamte Textilreinigungsgewerbe, d. h. Wäschereien, Reinigungen, Textilien-Mietservice, Färbereien, Bügeleien und Heißmangleien. Es handelt sich hier um eine vergleichsweise energieintensive Branche. Dabei wird die Energie vor allem für Wärmeprozesse eingesetzt: Waschen, Trocknen, Mangeln, Reinigen und Bügeln. Der Energiebedarf für Raumheizung ist vernachlässigbar gering. Durch den hohen Prozesswärmebedarf fällt meist genügend Abwärme an, um die Produktionsräume zu beheizen. Raumheizung ist überwiegend für separate Räume, z. B. Verkauf, Büro und Kantine, erforderlich. Der Strombedarf entsteht vor allem durch Elektromotoren für Antriebe, Lüftung und in geringerem Maße auch für Beleuchtung.

Der größte Energiebedarf in der *Landwirtschaft* entsteht bei der Viehzucht. Der Ackerbau ist bis auf wenige Ausnahmen (Getreidetrocknung) nicht energieintensiv, wenn man vom Kraftstoffverbrauch für die landwirtschaftlichen Fahrzeuge absieht. Hauptanwendungszweck des Stroms sind Kraftprozesse, vor allem die Be- und Entlüftung von Ställen der Masttierhaltung, sowie für die Milchkühlung. Prozesswärme wird für Heizstrahler in der Aufzucht von Küken und Ferkeln benötigt. Im *Gartenbau* sind insbesondere Betriebe mit beheizten Unterglasflächen sehr energieintensiv. Für die Beheizung der Gewächshäuser werden Brennstoffe eingesetzt, Strom wird für Beleuchtung, Belüftungen und kleinflächige Pflanzenheizungen sowie für die automatische Belüftungs- und Bewässerungssteuerung benötigt.

6 Verkehr

6.1 Sektorspezifische Merkmale

Wichtige Datenquellen für statistische Daten im Verkehrssektor sind einerseits die DIW-Publikation „Verkehr in Zahlen“, Daten des Kraftfahrtbundesamtes und des Statistischen Bundesamtes wie auch Publikationen von Verbänden und Unternehmen (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Mineralölwirtschaftsverband, Deutsche Bahn AG, Lufthansa AG, etc.). Aufbauend auf der Vielzahl der verschiedenen, zum größten Teil unabhängig voneinander erhobenen, statistischen Daten im Verkehrssektor gibt es grundsätzlich zwei Modelle, die das Verkehrsgeschehen für den Sektor Verkehr in seiner Gesamtheit darstellen: TREMOD und das DIW-Modell²⁸.

Die entscheidenden Größen, die das Verkehrsgeschehen beschreiben, sind vor allem Fahrleistungen (zurückgelegte Fahrzeug-Kilometer), Verkehrsaufkommen (beförderte Personen oder beförderte Tonnen) und Verkehrsleistungen (Personenkilometer oder Tonnenkilometer). Da die Beförderung von Personen und Gütern ganz unterschiedliche Transportvorgänge darstellt, werden die Statistiken für Verkehrsaufkommen und -leistungen grundsätzlich nach Personen- und Güterverkehr getrennt erstellt. Wichtig im Hinblick auf die Ableitung von Energieeffizienzindikatoren ist es somit hervorzuheben, dass es kein geeignetes Verfahren gibt, beide Bereiche sinnvoll zusammenzufassen.

Grundsätzlich kann der motorisierte Personenverkehr nach den folgenden Verkehrsarten unterschieden werden²⁹:

- MIV: Motorisierter Individualverkehr (Personen- und Kombinationskraftwagen (Pkw) sowie motorisierte Zweiräder (MZ))
- ÖPNV: Öffentlicher Personennahverkehr (Stadtschnellbahn-, Straßenbahn-, U-Bahn- (SSU) und Kraftomnibusverkehr)
- Schienenverkehr einschließlich S-Bahn-Verkehr
- Luftverkehr
- Schiffsverkehr.

Der Güterverkehr wird im Allgemeinen differenziert betrachtet nach:

- Straßengüterverkehr (Leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Lastkraftwagen (Lkw) und Sattelzüge (SZ))
- Schienenverkehr
- Binnenschiffsverkehr

²⁸ Odyssee generiert keine eigenen Daten, sondern greift auf nationale Daten zurück. Für Deutschland werden in der Odyssee-Datenbank hauptsächlich DIW- und VDA-Daten verwendet.

²⁹ Dienstleistungen wie Taxi oder Car-Sharing werden in den Statistiken nicht separat ausgewiesen.

- Luftverkehr.

Da alle Parameter, die die Grundlage für Energieeffizienzindikatoren im Verkehrssektor darstellen können (wie Fahr- und Verkehrsleistungen) hauptsächlich auf stichprobenartigen Befragungen, Erhebungen und Messungen beruhen, die niemals das System Verkehr in seiner Gesamtheit erfassen, wird für eine ganzheitliche Betrachtung des Verkehrs in der Regel von den Energiebilanzen ausgegangen, da der Kraftstoffabsatz eines Landes zuverlässig erfasst wird. Darauf aufbauend können die für den Verkehrssektor relevanten Daten unter Zuhilfenahme ergänzender statistischer Erhebungen abgeleitet werden. Grundsätzlich können im Verkehrssektor Aussagen zu den Energieverbräuchen und Fahrleistungen bzw. Verkehrsleistungen nach drei unterschiedlichen Abgrenzungsprinzipien getroffen werden:

1. Energiebilanzprinzip

Die Energiebilanzen sind in Deutschland der wichtigste Teil der Energiestatistik. In ihnen ist der Energieverbrauch des Verkehrssektors primär differenziert nach den Energieträgern angegeben, wobei sich der Endenergieverbrauch des Verkehrs im Wesentlichen aus Mineralölprodukten (Motorbenzin, Dieselmotorkraftstoff, Kerosin, Flugbenzin und Flüssiggas) zusammensetzt. Des Weiteren wird in die vier Subsektoren Schienenverkehr, Straßenverkehr, Luftverkehr, Küsten- und Binnenschifffahrt untergliedert.

In allen Subsektoren ist der Verbrauch von Personen- und Güterverkehr zusammen ausgewiesen. Wenn Aussagen zur Entwicklung der Energieeffizienz getroffen werden sollen, stößt man damit auf Schwierigkeiten, denn wie bereits erwähnt ist es nicht zielführend, beide Bereiche zusammen zu betrachten. Problematisch ist dies vor allem für den Straßen- und den Schienenverkehr, da hier jeweils beide Verkehrsbereiche mit nennenswerten Anteilen vorkommen. Beim Luftverkehr bzw. bei der Küsten- und Binnenschifffahrt dominiert dagegen jeweils ein Bereich (Personen- bzw. Güterverkehr).

Die Energiebilanzen beziehen sich auf die in den Grenzen Deutschlands abgesetzten Energiemengen. Soweit Energieträger, wie beispielsweise Kraftstoffe in Tanks, in den Verkehrsmitteln mitgeführt werden, können sie also auch außerhalb Deutschlands verbraucht oder aber vom Ausland importiert und im Inland verbraucht werden. Dies führt in den Bereichen, in denen der grenzüberschreitende Verkehr eine Bedeutung hat, zu erheblichen Problemen bei der Verknüpfung von Energieverbrauch und Verkehrsleistung, da diese dann über- bzw. unterschätzt werden. Während für den Binnenverkehr davon ausgegangen werden kann, dass sich Verkehrsleistungen und Energieverbrauch innerhalb des jeweiligen Betrachtungsgebietes entsprechen, gilt dies für den grenzüberschreitenden Verkehr nicht. Welche Energiemengen von inländischen wie ausländischen Verkehrsmitteln im- wie exportiert werden ist unbekannt, da hierzu keine statistischen Erhebungen vorliegen. Diese Mengen können sich zusätzlich im Zeitablauf deutlich verändern, wenn sich die Preisrelationen zwischen Ländern verschieben. Die Schwierigkeiten, die hieraus für die Verbindung von Verkehrs- und Energiestatistik entstehen, sind dort am größten, wo der Anteil des grenzüberschreitenden Verkehrs am gesamten binnenländischen Verkehr besonders hoch ist und größere Mengen

Kraftstoff mitgeführt werden können. Dies gilt mittlerweile auch für den Straßengüterfernverkehr und für den MIV.

Hinzu kommen weitere problematische Aspekte, wenn über die Energiebilanz die Verkehrsleistungen einzelner Verkehrsträger abgeleitet werden sollen. So enthält der Schienenverkehr nach Energiebilanzen Teile des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs (über z.B. U-Bahnen) und Teile des stationären Energieverbrauchs. Im Luftverkehr der Energiebilanzen ist auch der private Flugverkehr berücksichtigt, für den es keine Verkehrsleistungsdaten gibt. In der Verkehrsart Binnenschifffahrt der Verkehrstatistik fehlt die Küstenschifffahrt, die aber in den Energiebilanzdaten einbezogen ist. Außerdem fehlen für jene Teile des Verkehrs, die weder als Personen- noch als Güterverkehr einzuordnen sind (so z.B. Motorboote, Rasenmäher, Baustellenfahrzeuge) Verkehrsleistungsdaten (allenfalls fahrzeugbezogene Daten), während sie in den Energiebilanzen enthalten sind.

Wenn nun basierend auf dem in Deutschland abgesetzten Kraftstoff und den durchschnittlichen Kraftstoffverbräuchen der einzelnen Verkehrsträger die zurückgelegte Fahrleistung berechnet wird, gibt das Ergebnis keine genaue Auskunft über die tatsächlich zurückgelegte Verkehrsmenge im Land und es können keine Informationen zur Verteilung auf Personen- und Güterverkehr und verschiedene Differenzierungsgrade bezüglich der Verkehrsträger generiert werden.

2. Inländerprinzip

Das Inländerprinzip bezieht sich ausschließlich auf den Verkehr der Deutschen unabhängig davon, ob die zurückgelegten Fahrten im Inland oder im Ausland durchgeführt werden. Das Fahrleistungsmodell des DIW ist das in Deutschland anerkannte Modell zur Berechnung der Inländerfahrleistung auf der Straße [DIW 2008]. Es ist ein physikalisches Input-Output-Modell, das auf Basis einer Vielzahl von statistischen Erhebungen rückwirkend die Fahrleistungen des Straßenverkehrs berechnet. Der Inlandsabsatz an Otto- und Dieselmotorkraftstoffen in Deutschland aus der Energiebilanz wird in den Gesamtkraftstoffverbrauch der Inländer umgerechnet. Hierzu wird zunächst der Kraftstoffverbrauch außerhalb des Verkehrs abgezogen (z.B. Rasenmäher, Motorboote, Arbeitsgeräte). Von der in Deutschland für Verkehr abgesetzten Kraftstoffmenge wird in einem zweiten Schritt die Menge abgezogen, die an im Ausland zugelassene Fahrzeuge in Deutschland abgegeben und verbraucht wird. Die von Deutschen im Ausland verbrauchte Kraftstoffmenge wird addiert. In einem dritten Schritt wird berücksichtigt, dass bei grenzüberschreitenden Fahrten auch Kraftstoff über die Grenzen transportiert werden kann. Um den Kraftstoffverbrauch der Inländer zu ermitteln, wird der graue Import - also die Kraftstoffmenge, die im Ausland getankt und im Inland verbraucht wird - dem Kraftstoffabsatz in Deutschland hinzuaddiert, da mit diesem importierten Kraftstoff ebenfalls Fahrleistung der Inländer erbracht wird. Graue Exporte werden hingegen vom Kraftstoffabsatz abgezogen, da sie den Inländern nicht mehr zur Verfügung stehen.

Die Schwierigkeit der Fahrleistungsberechnung besteht nun darin, dass zwar für alle Jahre der Kraftstoffverbrauch der Inländer und der durchschnittliche Kraftstoffver-

brauch der Fahrzeuge³⁰ ermittelt werden können sowie Bestandszahlen statistisch abgesichert vorliegen, es aber nicht für jedes Jahr Angaben zu den durchschnittlichen Fahrleistungen der Fahrzeugarten gibt (oder alternativ zur Gesamtfahrleistung). Das ist besonders relevant, da ohne Angaben zur durchschnittlichen Fahrleistung keine Aufteilung des Gesamtkraftstoffverbrauches auf die einzelnen Fahrzeugkategorien möglich ist. Selbst bei Kenntnis von Bestand und Durchschnittsverbrauch sind beliebig viele Aufteilungsmöglichkeiten des Kraftstoffverbrauches denkbar. Dieses Problem wird im DIW-Modell dadurch gelöst, dass das Modell anhand der Fahrleistungserhebungen 1998 und 2002³¹ kalibriert wird und für die Zwischenjahre basierend auf weitergehenden Erhebungen, Statistiken, Literaturangaben sowie Erfahrungswerten Abschätzungen vorgenommen werden. Im Ergebnis stehen dann für den Bereich des Straßenverkehrs sowohl die Fahrleistungen als auch die Verbrauchsmengen derart zur Verfügung, dass die jeweilige Unterscheidung nach Personen- und Güterverkehr möglich ist.

3. Inlandsprinzip

Das Inlandsprinzip erfasst die Verkehrsleistungen, die innerhalb eines Landes erzeugt werden. Basis sind damit die Fahr- bzw. Verkehrsleistungen, die im Inland von inländischen und ausländischen Fahrzeugen erbracht werden. Ein Modell, das auf dem Inlandsprinzip beruht, ist das Transport Emission Model (TREMOM), das im Auftrag des Umweltbundesamtes vom Ifeu entwickelt wurde [TREMOM 2010]. Die Modellierung der Energieverbräuche in TREMOM erfolgt über die Inlandsfahrleistungen, die ebenfalls vom DIW für bestimmte Stützjahre veröffentlicht werden, und die durchschnittlichen Kraftstoffverbräuche in Anlehnung an das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs [HBEFA 2004]. Dieses Handbuch stellt Emissionsfaktoren für alle gängigen Fahrzeugkategorien jeweils in emissionsrelevanter Differenzierung für eine Vielzahl von Verkehrssituationen zur Verfügung. Zugrunde liegen hierbei Messungen, die nicht nur im NEFZ (Neuen Europäischen Fahrzyklus) durchgeführt wurden, sondern in Fahrzyklen, die das reale Fahrverhalten besser abbilden, wie z.B. dem Bundesautobahnzyklus. Schlussendlich wird über TREMOM damit der Energieverbrauch ermittelt, der durch die inländischen Fahrleistungen aller Fahrzeuge entsteht. Die in TREMOM zu Grunde gelegten Bestände sind die im Inland zugelassenen Fahrzeuge entsprechend der Statistiken des KBA. Damit werden mögliche Unterschiede der im Inland fahrenden ausländischen Fahrzeugflotte nicht berücksichtigt.

³⁰ Für den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch der Pkw hat das DIW eine detaillierte Datenbank basierend auf Angaben der Zeitschrift „Auto Motor Sport“ in den vergangenen Jahrzehnten aufgebaut, so dass für diese Fahrzeugkategorie realistische Kraftstoffverbräuche zur Verfügung stehen

³¹ Im Jahr 2008 wurde eine neue Fahrleistungserhebung durchgeführt, deren Auswertung im Sommer 2009 veröffentlicht wurde und somit für die nächste Fahrleistungsberechnung zur Verfügung stehen wird.

6.2 Datenquellen

6.2.1 Auswahl der Datenbasis

Wie im vorangegangenen Kapitel erläutert, kann im Sektor Verkehr der Energieverbrauch – ob nun bezogen auf das Inländer- oder das Inlandsprinzip – in dieser Abgrenzung nicht statistisch erhoben werden, sondern muss über abgesicherte Eckwerte modelliert werden. Um die Indikatoren für die einzelnen Verkehrsträger und diese dann wiederum differenziert nach Personen- und Güterverkehr aufeinander abgestimmt und damit vergleichbar darstellen zu können, ist es wichtig, alle wesentlichen Datengrundlagen einem Modell zu entnehmen. Hierfür kommen zum einen die Berechnungen des DIW in Frage sowie zum anderen das Modell TREMOD. Bei der Verwendung der DIW-Daten ist die sehr detaillierte und jährlich aktualisierte Fahrleistungsberechnung der Kraftfahrzeuge von Vorteil, ebenso die garantierte jährliche Aktualisierung und Veröffentlichung über „Verkehr in Zahlen“ [BMVBS 2009a]. Der Vorteil bei der Verwendung von TREMOD liegt hingegen in den detailliert aufeinander abgestimmten Informationen für alle Fahrzeugkategorien für die kompletten Zeitreihen ab dem Jahr 1990. Außerdem ist es das offizielle Tool zur Berichterstattung des Umweltbundesamtes. Die Schwierigkeit besteht allerdings darin, dass es bisher nicht jährlich über die Statistik aktualisiert wird, was aber seitens des UBA angedacht ist. Außerdem ist es insofern mit den Erkenntnissen des DIW abgeglichen, als dass es auf den Inlandsfahrleistungen, die vom DIW auf Basis der Inländerfahrleistungen berechnet wurden [DIW 2005], aufbaut.

Da die TREMOD-Daten vom Umweltbundesamt zum einen berichtet werden und zum anderen auch über beispielsweise PROSA veröffentlicht und zur Verfügung gestellt werden, hat sich das Umweltbundesamt entschieden, als Basis für die Energieeffizienzindikatoren in diesem Projekt die TREMOD-Daten zu verwenden. Die in TREMOD verwendete Datenbasis und ergänzende Quellen zu Verkehrsstatistiken sind im Folgenden kurz dargestellt.

6.2.1.1 Bestands- und Neuzulassungszahlen Kraftfahrzeuge

Bestandszahlen für Kraftfahrzeuge sind aus dem Blickwinkel von Energieeffizienzindikatoren grundsätzlich nicht unmittelbar relevant. Interessant ist allerdings die Entwicklung der durchschnittlichen spezifischen Kraftstoffverbräuche und bestimmter Fahrzeugcharakteristika der Fahrzeugflotte und der neu zugelassenen Pkw. Ebenfalls aufschlussreich sind Indikatoren bezüglich der Entwicklung des Pkw-Bestandes bezogen auf die Einwohnerzahl. Daher werden entsprechende Daten mit in die Datenbank aufgenommen.

Bestände

Basis aller Auswertungen bezüglich Fahrzeugbestände sind die Statistiken des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) [KBA 2008a]. Die statistischen Auswertungen von Fahrzeugen umfassen alle nach der Fahrzeug-Zulassungsverordnung in Deutschland zugelassenen beziehungsweise angemeldeten Fahrzeuge, denen ein Kennzeichen zugeteilt wurde. Die Daten werden von den Zulassungsbehörden beziehungsweise den Haftpflichtversicherungen (Kraftfahrzeuge mit Versicherungskennzeichen) gemeldet und im Zentralen Fahrzeugregister beim Kraftfahrtbundesamt gespeichert. Nicht einbezogen sind Fahrzeuge der Bundeswehr sowie Fahrzeuge mit rotem beziehungsweise mit Kurzzeit- und Ausfuhrkennzeichen. Die Daten über die Bestände und Neuzulassungen der Kraftfahrzeuge werden jährlich aktualisiert und sind frei zugänglich. Alle anderen Datenquellen, die über Kraftfahrzeugbestände Auskunft geben bzw. solche beinhalten, wie TREMOD, „Verkehr in Zahlen“ und das Statistische Bundesamt, basieren auf den Statistiken des KBA. Die jährlichen Bestände wurden bis 1999 zum Stichtag 1. Juli veröffentlicht. Ab 2001 gibt es einen Bruch in der Datenreihe, da in diesem Jahr der Stichtag auf den 1. Januar umgestellt wurde. TREMOD gleicht diesen Bruch aus, indem ab 2001 die Bestandsdaten auf Basis des Mittelwertes zweier Jahre in das Modell einfließen. Einen weiteren, sehr signifikanten Bruch in der Bestandsdatenstatistik gibt es im Jahr 2007. Ab diesem Zeitpunkt werden die vorübergehend stillgelegten Fahrzeuge, die bis dato in den Beständen mit ausgewiesen wurden, nicht mehr berücksichtigt. Dies macht im Vergleich zum Vorjahr beispielsweise etwa 5,4 Millionen Pkw aus [KBA 2008].

Eine sinnvolle Aggregation der Fahrzeugkategorien, die in die Datenbank mit aufgenommen werden sollten, ist:

- Pkw differenziert nach Otto / Diesel und Hubraumklassen
- Motorisierte Zweiräder (MZ)
- Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)
- Lkw
- Sattelzüge (SZ)
- Busse
- Übrige.

Grundsätzlich könnten diese Kategorien im Hinblick auf die Energieeffizienz bzw. deren Klimawirkung noch differenzierter nach Antriebsarten (Benzin, Diesel, Flüssiggas, Erdgas, Elektro, Hybrid, sonstige Kraftstoffarten) abgebildet werden. Diese Informationen werden ebenfalls vom KBA erhoben. Jedoch gibt es hier zum einen im Jahr 2005 einen Bruch in der Zeitreihe, da die Antriebsarten umkategorisiert wurden, zum anderen werden auch hier ab 2008 nur noch die angemeldeten Fahrzeuge ohne vorübergehende Stilllegungen erfasst.

Faktoren, die den Kraftstoffverbrauch von Pkw beeinflussen sind Leistung und Gewicht des Fahrzeuges. Eine Zeitreihe ab 1993 für beispielsweise die durchschnittliche Leistung der Pkw im Bestand ist über „Verkehr in Zahlen“ öffentlich verfügbar und könnte als ein Indikator herangezogen werden [BMVBS 2009].

Neu zugelassene Fahrzeuge

Ein aussagekräftiger Indikator mit direktem Bezug zu den eingesetzten Fahrzeugen ist die Entwicklung der spezifischen Energieverbräuche neu zugelassener Fahrzeuge. Diese werden jedoch nur für Pkw in einem genormten Fahrzyklus (NEFZ, Neuer Europäischer Fahrzyklus) erhoben. Für Lkw und Sattelzüge existiert derzeit noch kein Verfahren, um entsprechend zu den Pkw die Kraftstoffverbräuche für das Fahrzeug genormt und damit vergleichbar zu messen. Für leichte Nutzfahrzeuge wird seit letztem Jahr der Pkw-Fahrzyklus angewandt und entsprechende Verbrauchswerte veröffentlicht. Diese sind jedoch noch nicht berichtspflichtig und stehen entsprechend noch nicht zur Verfügung. Seit 2000 werden dagegen die CO₂-Emissionen für jeden in Europa verkauften Pkw an die Kommission berichtet. Hier ist zu beachten, dass diese Verbrauchswerte nicht direkt vergleichbar sind mit den aus Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch für den Bestand berechneten Werten. In der Regel liegen die realen Verbräuche deutlich über denen, die im NEFZ gemessen werden. Nichtsdestotrotz steht hiermit ein Indikator zur Verfügung, der Aussagen über die Effizienzentwicklung von Pkw zulässt. Die Daten im Rahmen der Berichterstattung CO₂-Monitoring Pkw stehen seit 2000 offiziell zur Verfügung [COM 2009]. Hier wird neben der Anzahl der neu zugelassenen Pkw zusätzlich nach CO₂-Emissionklassen, Leistung, Hubraumklassen und Gewicht differenziert.

Das KBA veröffentlicht entsprechende Daten ebenfalls jährlich. Auf der Basis der KBA-Veröffentlichungen hat das Ifeu im Zuge der Modellierungen in TREMOD eine Zeitreihe für die Verbräuche von neu zugelassenen Pkw entsprechend NEFZ getrennt nach Otto und Diesel abgeleitet, die auch das Jahr 1990 umfasst [TREMODO 2010]. Diese Verbräuche liegen unter den realen Kraftstoffverbräuchen, können aber aufgrund des standardisierten Verfahrens gut für Vergleiche herangezogen werden.

6.2.1.2 Bestands- und Neuzulassungszahlen übrige Verkehrsträger

Bestandsdaten zu Binnenschiff, Bahn und Flugzeuge sind nicht in TREMOD enthalten. Diese Daten können grundsätzlich auf der Basis anderer Quellen zusammengestellt werden. Jedoch stellen sie keine zielführenden Indikatoren im Rahmen dieses Projektes dar, denn relevante Indikatoren bei den übrigen Verkehrsträgern sind vor allem die Personen- bzw. Güterverkehrsleistungen. Die Bestände werden entsprechend nicht in die Datenbank aufgenommen. Trotzdem ist die Verfügbarkeit entsprechender Informationen im Folgenden kurz zusammengefasst.

Eisenbahnen

In Verkehr in Zahlen werden ab 1991 jährlich Daten zu den Beständen von Lokomotiven differenziert nach Diesel- und Elektroantrieb, Triebwagen, Personenwagen und Güterwagen angegeben. Im Abschnitt „Öffentlicher Straßenpersonenverkehr“ sind zusätzlich Zeitreihen für Stadtschnellbahnen und Straßenbahnwagen angegeben [BMVBS 2009]. Die VDV-Statistiken geben ab 2001 Fahrzeugbestände der VDV-Unternehmen bezüglich U-Bahn, Straßenbahn/Stadtbahnen, Nichtbundeseigene Eisenbahnen, DB Regio AG und für Bahnen besonderer Bauart an. Der Lokomotivbestand im öffentlichen / nicht öffentlichen Verkehr, (Dieselloks/ elektrische Loks/ sonstige Loks) ist jährlich dokumentiert für die Jahre 1992 bis 2007 [VDV 2008].

Binnenschiffe

Auch die Bestände der Binnenschiffe werden in Verkehr in Zahlen angegeben. Die Zeitreihe beginnt mit dem Jahr 1992, differenziert nach Frachtschiffe (Motorschiffe, Schleppkähne, Schubkähne/Schubleichter), Schlepper, Schubboote, Schuten, Leichter und Fahrgastschiffe [BMVBS 2009]. Auch in der BDB-Statistik wird die Anzahl von Motorgüterschiffen, Schubleichtern, Schleppkähnen, Trägerschiffsleichtern, Bunkerbooten, Schleppern, Schubbooten, Tagesausflugsschiffen und Fahrgastkabinenschiffen der deutschen Binnenflotte jeweils für die Jahre 2005, 2006, 2007 basierend auf der zentralen Binnenschiffs-Bestandsdatei, bei der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest, Mainz, angegeben [BDB 2008].

Luftfahrzeuge

Informationen zu den Beständen von Flugzeugen, differenziert nach Flugzeugen für verschiedene Kategorien des Startgewichtes und Hubschraubern, sind in Verkehr in Zahlen ab 1990 enthalten [BMVBS 2009]. In der Lufthansastatistik sind Angaben zur Flottengröße ab 2000 zu finden, wobei sich diese jedoch nur auf das Unternehmen beziehen [LH 2008].

6.2.1.3 Fahr- und Verkehrsleistung

Ein wichtiger Effizienzindikator im Verkehrssektor ist der Energieverbrauch je Einheit Transportleistung (pkm/tkm). Dabei sollten die Effizienzindikatoren sowohl hinsichtlich der verschiedenen Verkehrsträger (Straßenverkehr, schienengebundener Verkehr, Schiffsverkehr und Luftverkehr) als auch hinsichtlich der Verkehrszwecke (Personen- oder Güterverkehr) differenzierbar sein.

Wie bereits in Kapitel 6.1 erläutert, werden die Fahrleistungen bzw. Verkehrsleistungen der einzelnen Verkehrsträger nicht jährlich erhoben. Vielmehr werden sie über den Energieverbrauch und die Fahrzeugbestände modelliert und über verschiedene, zur Verfügung stehende Eckdaten geeicht bzw. überprüft. Grundsätzlich kann diese Modellierung nach dem Inländer- oder dem Inlandsprinzip erfolgen. Im Rahmen dieses Projektes wurde entschieden, sich entsprechend dem Modell TREMOD auf die Inlandsfahrleistung zu beziehen.

Die Ableitung der Fahrleistungen der straßengebundenen Verkehrsträger erfolgt in TREMOD anhand verschiedener Informationsquellen wie den automatischen Dauerzählstellen (jährlich), den Straßenverkehrszählungen (alle 5 Jahre), den Fahrleistungserhebungen (1990, 1993, 2002) und den Fahrleistungs- und Verbrauchsrechnungen des DIW (jährlich) bzw. der Ermittlung der Inlandsfahrleistung [DIW 2005]. Die dazugehörigen Auslastungsgrade der Fahrzeuge, die zusammen mit der Fahrleistung die Grundlage zur Berechnung der Verkehrsleistung darstellen, werden „Verkehr in Zahlen“ entnommen. Die jährlich von „Verkehr in Zahlen“ veröffentlichten Daten zur Auslastung der Pkw basieren fortgeschrieben auf den Fahrleistungserhebungen, die Informationen zum Güterverkehr auf den Fahrleistungserhebungen und den Erhebungen des BAG. Ein Problem stellen die leichten Nutzfahrzeuge dar. Für diese gibt es keine amtliche Statistik, in der die Auslastungsgrade erfasst werden. Entsprechend können hierfür in TREMOD auch keine Annahmen getroffen werden. Bei der Betrachtung der Güterverkehrsleistung auf der Straße können entsprechend die leichten Nutzfahrzeuge nicht mit berücksichtigt werden.

Die Verkehrsleistungen des Schienenverkehrs werden hauptsächlich den Verkehrsleistungen der DB AG entnommen und durch Daten aus „Verkehr in Zahlen“ und den Statistiken des VDV ergänzt [VDV 2008]. Die Betrachtung erfolgt differenziert nach Nah- und Fernverkehr. Die Verkehrsleistung der Binnenschiffe wird „Verkehr in Zahlen“ entnommen, die Verkehrsleistung des Flugverkehrs den Daten des Statistischen Bundesamtes [BMVBS 2009; StBA 2008f+g]. Hierbei wird die Verkehrsleistung des von Deutschland abgehenden Verkehrs bis zum ersten Anflughafen berücksichtigt.

6.3 Indikatoren

Als Bezugsgrößen für Energieeffizienzindikatoren im Sektor Verkehr kommen vor allem die folgenden Kenngrößen in Betracht:

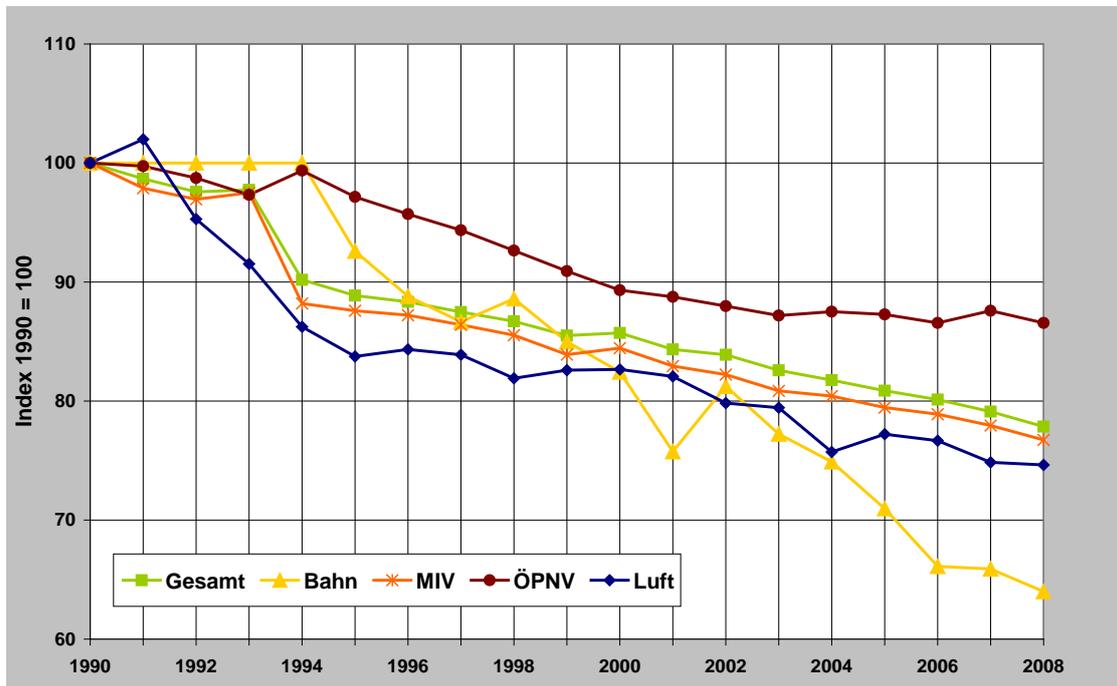
- Verkehrsaufkommen und -leistung differenziert nach Personen- und Güterverkehr
- Fahrleistungen insgesamt, im Personen- bzw. Güterverkehr, nach Verkehrsarten sowie nach Verkehrsmitteln
- Reichweite pro Energieeinheit: z.B. km/10kWh (für einen Bus, Straßenbahn, Bahn, Auto, Motorrad, Flugzeug)
- Bestandsdaten der einzelnen Verkehrsträger
- sozio-ökonomische Trends, wie Bevölkerung und Bruttoinlandsprodukt.

Im Folgenden werden verschiedene Kombinationen von Indikatoren des Sektors Verkehr kurz diskutiert und deren Entwicklung graphisch dargestellt. Die Daten sind der TREMOD-Version 2010 entnommen. Für den Flugverkehr wurde die Abgrenzung des von Deutschland abgehenden Verkehrs bis zum ersten Anflughafen gewählt. Es ist jedoch auch möglich, sich auf den nationalen Flugverkehr zu beschränken. Die Daten

für die schienengebundenen Verkehrsmittel sind ab 1994 in der Datenbank enthalten. Um eine einheitliche Zeitreihe ab 1990 zu gewährleisten, sind die Werte für 1990 bis 1993 mit denen von 1994 gleichgesetzt worden.

Die Energieeffizienzindikatoren im Verkehr sind auf verschiedenen Ebenen interessant. Zunächst einmal bietet sich eine Betrachtung auf der übergreifenden Ebene an, also die Entwicklung des gesamten Verkehrssektors. Kernindikatoren sind hier die Entwicklung des Endenergieverbrauchs bezogen auf die Verkehrsleistung, wobei aus Plausibilitätsgründen nach Personen- und Güterverkehr differenziert werden muss. Diese Betrachtungsebene bildet neben der Effizienzsteigerung der einzelnen Verkehrsträger auch einen Modal Shift hin zu effizienteren Verkehrsträgern und eine Erhöhung der Auslastung mit ab. Um die Aussagegüte erhöhen zu können, müsste in einer weiteren Disaggregationsstufe die Verkehrsleistung differenziert nach Straße (im Personenverkehr zusätzlich nach MIV und ÖV unterteilt), Schiene, Luft und Schiff abgebildet werden. Entsprechende Verläufe sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Es wird deutlich, dass die Entwicklung der Energieeffizienz im Personenverkehr durch die Entwicklung im MIV und damit der Pkw bestimmt wird (s. Abbildung 6-1). Die starke Effizienzsteigerung im Flugverkehr zwischen 1991 und 1995 ist vor allem auf technische Verbesserungen an den Flugzeugen zurückzuführen (erhöhte Brennkammertemperaturen und -drücke). Die Schwankungen bei der Effizienzentwicklung der Bahn begründen sich mit Änderungen in der statistischen Erfassung.

Abbildung 6-1 Entwicklung Endenergieverbrauch Personenverkehr³² (Endenergieverbrauch bezogen auf die Verkehrsleistung)



		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Gesamt	Mrd. pkm	927	944	974	991	1.080	1.106	1.115	1.124	1.141	1.172	1.165	1.185	1.184	1.183	1.215	1.217	1.235	1.248	1.249
Schiene	Mrd. pkm	65	65	65	65	65	71	72	72	73	74	75	76	71	71	73	77	79	79	82
MIV	Mrd. pkm	695	716	733	741	821	830	832	833	845	867	850	872	880	876	887	876	883	885	880
ÖPNV	Mrd. pkm	94	93	93	94	95	98	100	101	100	99	98	99	98	97	97	96	98	97	98
Luft	Mrd. pkm	73	71	83	90	98	107	111	117	123	132	142	138	135	139	158	168	176	186	189
Gesamt	PJ	1.756	1.765	1.799	1.834	1.844	1.860	1.864	1.862	1.873	1.897	1.891	1.893	1.881	1.849	1.881	1.864	1.874	1.869	1.841
Schiene	PJ	46	46	46	46	46	46	45	44	45	44	44	40	40	39	38	38	37	37	37
MIV	PJ	1.498	1.510	1.531	1.558	1.562	1.568	1.564	1.552	1.559	1.568	1.547	1.559	1.560	1.526	1.538	1.500	1.501	1.488	1.455
ÖPNV	PJ	57	57	56	56	58	58	59	58	57	55	54	54	52	51	52	51	52	51	51
Luft	PJ	154	152	166	175	179	188	197	208	213	231	247	239	228	233	253	275	285	295	298
Gesamt	MJ/pkm	1,89	1,87	1,85	1,85	1,71	1,68	1,67	1,66	1,64	1,62	1,62	1,60	1,59	1,56	1,55	1,53	1,52	1,50	1,47
Schiene	MJ/pkm	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65	0,62	0,61	0,62	0,60	0,58	0,53	0,57	0,54	0,52	0,50	0,46	0,46	0,45
MIV	MJ/pkm	2,16	2,11	2,09	2,10	1,90	1,89	1,88	1,86	1,84	1,81	1,82	1,79	1,77	1,74	1,73	1,71	1,70	1,68	1,65
ÖPNV	MJ/pkm	0,61	0,61	0,60	0,59	0,61	0,59	0,58	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52
Luft	MJ/pkm	2,11	2,15	2,01	1,93	1,82	1,77	1,78	1,77	1,73	1,75	1,75	1,73	1,69	1,68	1,60	1,63	1,62	1,58	1,58

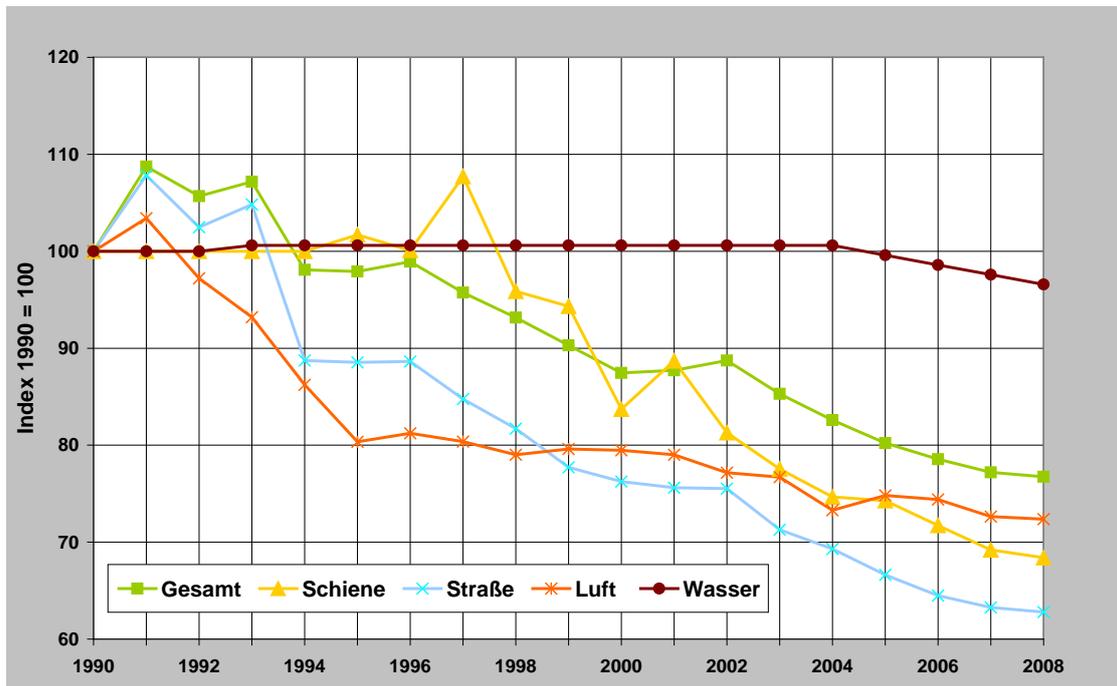
Quelle: TREMOD (2010), Umrechnungen und Indexbildung durch Öko-Institut.

Auch im Güterverkehr zeigt sich, dass zumindest der Verlauf der Effizienzsteigerung durch die Straße dominiert wird³³ (Abbildung 6-2). Trotzdem liegt die Effizienzsteigerung des gesamten Güterverkehrs deutlich unter der der einzelnen Verkehrsträger. Dies lässt sich nur mit einem Shift hin zu ineffizienteren Verkehrsträgern erklären.

³² Änderungen in der Statistik der Verkehrsdaten werden in TREMOD eingearbeitet und zu neuen konsistenten Zeitreihen vervollständigt. Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit können diese Rückrechnungen aber nicht beliebig weit in die Vergangenheit erfolgen. In TREMOD erfolgen Anpassungen an neue Erhebungsverfahren zurzeit rückwirkend bis 1994, für den Schienenverkehr bis 1995. Somit sind die Daten für den Zeitraum 1990-1994 nur eingeschränkt mit den Daten für die Periode 1995-2008 vergleichbar.

³³ Die Leichten Nutzfahrzeuge sind in dieser Betrachtung nicht mit einbezogen, da hierzu keine Daten über die Verkehrsleistung zur Verfügung stehen. Bei der Straße werden entsprechend nur Lkw > 3,5t, Sattel- und Lastzüge berücksichtigt.

Abbildung 6-2 Entwicklung Endenergieverbrauch Güterverkehr³⁴ (Endenergieverbrauch bezogen auf die Verkehrsleistung)



		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Gesamt	Mrd. tkm	321	339	356	347	415	424	421	447	463	490	505	508	509	534	565	575	622	657	664
Straße	Mrd. tkm	185	204	220	210	272	280	281	302	316	342	346	353	354	382	398	403	440	467	473
Schiene	Mrd. tkm	76	76	76	76	76	76	75	79	78	81	87	85	85	88	96	101	110	118	119
Luft	Mrd. tkm	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	9	9
Wasser	Mrd. tkm	57	56	57	58	62	64	61	62	64	63	66	65	64	58	64	64	64	65	64
Gesamt	PJ	424	487	498	492	537	548	551	566	571	585	583	589	597	602	617	609	645	671	674
Straße	PJ	340	404	414	405	444	455	457	470	474	488	485	491	492	500	507	493	521	542	546
Schiene	PJ	19	19	19	19	19	20	19	22	19	19	19	19	17	17	18	19	20	21	21
Luft	PJ	40	40	40	43	47	46	48	47	49	50	51	51	60	59	64	70	77	81	81
Wasser	PJ	24	24	24	25	27	27	26	27	28	27	29	28	28	25	27	27	27	27	26
Gesamt	MJ/tkm	1,32	1,44	1,40	1,42	1,30	1,29	1,31	1,27	1,23	1,19	1,16	1,16	1,17	1,13	1,09	1,06	1,04	1,02	1,01
Straße	MJ/tkm	1,84	1,98	1,88	1,93	1,63	1,63	1,63	1,56	1,50	1,43	1,40	1,39	1,39	1,31	1,27	1,22	1,19	1,16	1,15
Schiene	MJ/tkm	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,25	0,27	0,24	0,24	0,21	0,23	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17
Luft	MJ/tkm	12,97	13,41	12,60	12,08	11,18	10,42	10,53	10,42	10,24	10,32	10,30	10,24	10,00	9,94	9,50	9,70	9,65	9,42	9,38
Wasser	MJ/tkm	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41

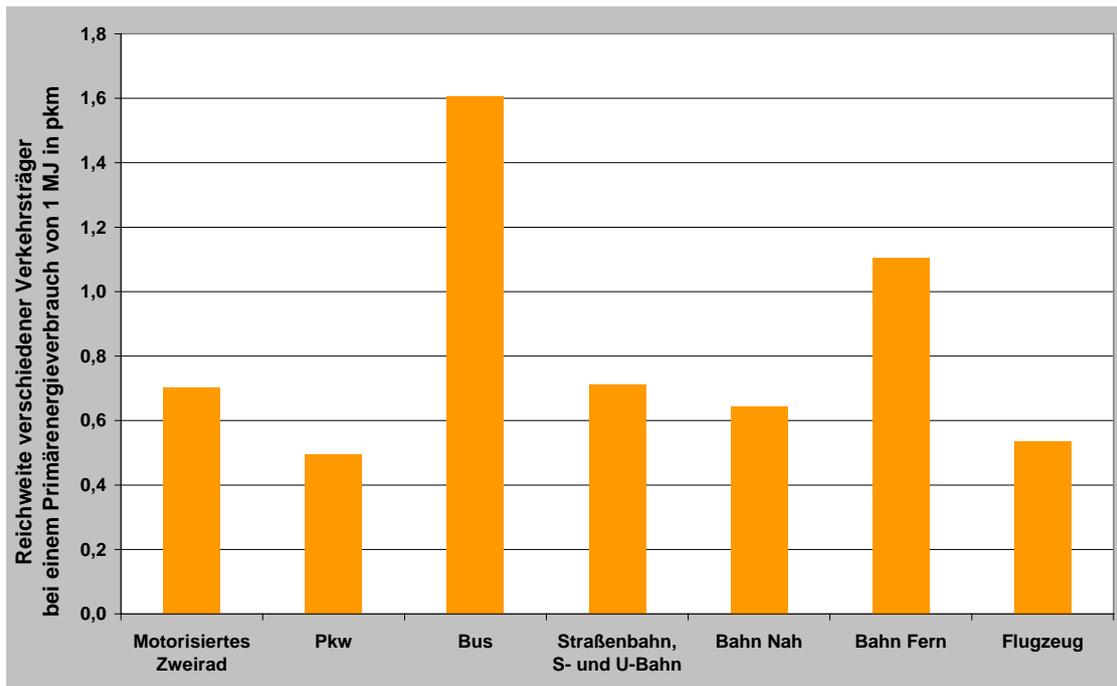
Quelle: TREMOD (2010), Umrechnungen und Indexbildung durch Öko-Institut

Prinzipiell tragen im Verkehrssektor drei Faktoren zu einer Erhöhung der Energieeffizienz bei: Fahrzeugtechnische Verbesserungen, ein Modal Shift hin zu energieeffizienteren Verkehrsträgern und eine Steigerung der Auslastung.

³⁴ Änderungen in der Statistik der Verkehrsdaten werden in TREMOD eingearbeitet und zu neuen konsistenten Zeitreihen vervollständigt. Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit können diese Rückrechnungen aber nicht beliebig weit in die Vergangenheit erfolgen. In TREMOD erfolgen Anpassungen an neue Erhebungsverfahren zurzeit rückwirkend bis 1994, für den Schienenverkehr bis 1995. Somit sind die Daten für den Zeitraum 1990-1994 nur eingeschränkt mit den Daten für die Periode 1995-2008 vergleichbar.

Die Abbildung 6-3 zeigt beispielsweise, dass die unterschiedlichen Verkehrsträger im Personenverkehr eine sehr stark variierende Energieeffizienz aufweisen. Dargestellt ist die Reichweite, die eine Person mit 1 MJ Primärenergie in verschiedenen Verkehrsmitteln erreicht. Wichtig ist, dass hier die in TREMOD hinterlegten, durchschnittlichen Auslastungsgrade zu Grunde liegen und sich entsprechend die Reichweiten pro Primärenergieeinheit durch diese stark ändern können.

Abbildung 6-3 Reichweite verschiedener Verkehrsträger bei einem Primärenergieverbrauch von 1 MJ im Jahr 2008

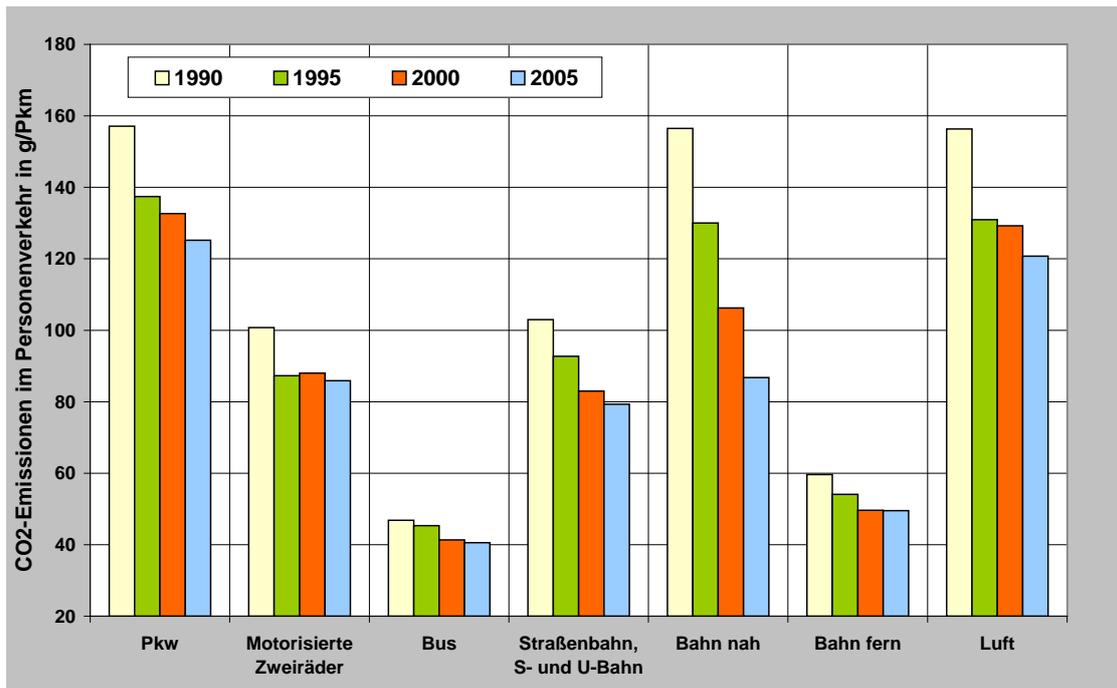


Quelle: TREMOD (2010).

Ein Blick auf die spezifischen CO₂-Emissionen im Personenverkehr ergibt ein ähnliches Bild (Abbildung 6-4). Dargestellt sind die direkten Emissionen der Kraftstoffe für die Jahre 1990, 1995, 2000 und 2005. Zu berücksichtigen ist, dass für die Elektrotraktion bei der Bahn der bundesdeutsche Strommix angenommen wurde und bei den Kraftstoffen Benzin und Diesel nicht der Anteil an Biokraftstoffen berücksichtigt wird. Grundsätzlich ist bei allen Verkehrsträgern ein deutlicher Rückgang bei den CO₂-Emissionen pro Personenkilometer zu verzeichnen. Dieser ist zwischen 1990 und 1995 besonders deutlich, was zum einen auf die Fuhrparkänderung nach der Wiedervereinigung zum anderen aber auch auf die im Jahr 1990 noch deutlich unsichere Datenlage zurückzuführen ist. Im Vergleich der Verkehrsträger untereinander weisen der Bus und die Bahn im Fernverkehr besonders günstige spezifische CO₂-Emissionen auf. Aufgrund der stärkeren Elektrifizierung der Bahn im Nahverkehr sind hier besonders deutliche Minderungsraten über die Jahre zu verzeichnen. Pkw und Flugverkehr haben – ähnlich wie bei dem Energieverbrauch – vergleichbare Emissionen pro Personenkilometer, was auf die hohe Auslastung der Flugzeuge zurückzuführen ist. Grundsätzlich sollte bei der

Klimawirksamkeit im Luftverkehr berücksichtigt werden, dass Treibhausgase, die in höheren Luftschichten (höher als 9 km) emittiert werden, eine höhere Treibhausgaswirkung haben, als wenn sie in Bodennähe emittiert werden. Im Hinblick auf den Klimaschutz müssten daher die Emissionen des Flugverkehrs noch mit einem Faktor je nach Flughöhe (die von der Flugdistanz abhängig ist) zwischen 1,27 (ab 500 km Flugdistanz) und 2,5 (Flugdistanz über 1000 km) multipliziert werden, um die tatsächliche Klimawirksamkeit abzubilden (atmosfair 2009).

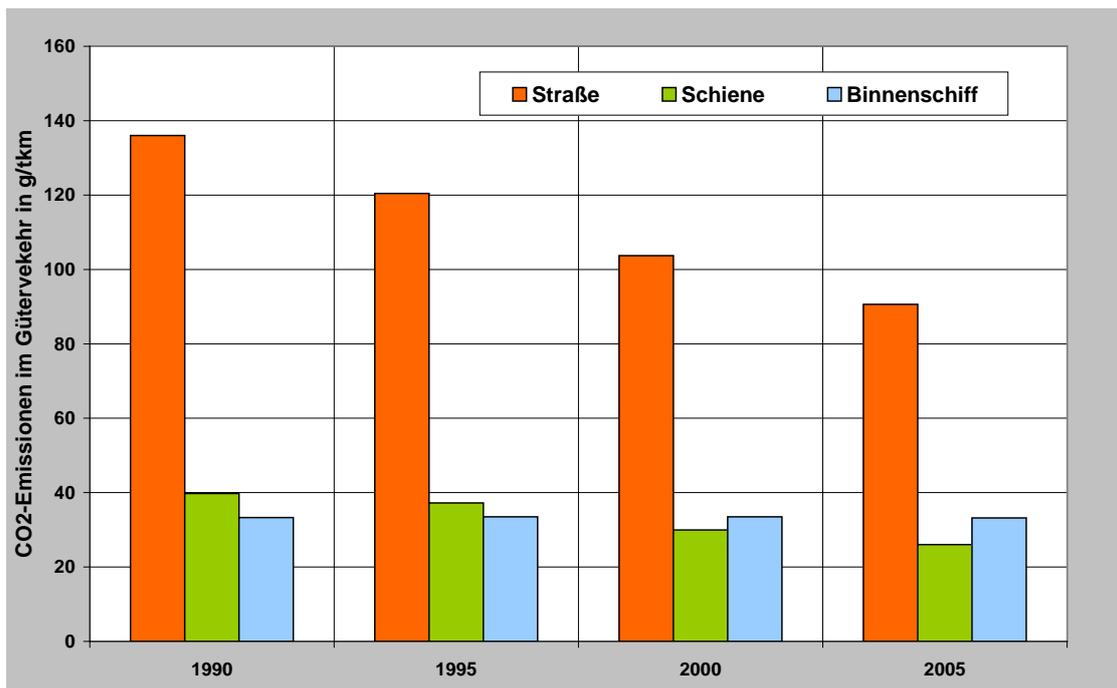
Abbildung 6-4 Spezifische CO₂-Emissionen im Personenverkehr



Quelle: TREMOD (2010) und Berechnungen Öko-Institut.

Im Güterverkehr weist der Straßengüterverkehr – also die Lkw > 3,5 t und Sattel/Lastzüge – die höchsten spezifischen CO₂-Emissionen auf (siehe Abbildung 6-5). Die spezifischen Emissionen der Verkehrsträger Bahn und Binnenschiff liegen bei weniger als einem Drittel des Straßengüterverkehrs. Der Straßengüterverkehr trägt damit nicht nur aufgrund seiner hohen Anteile an der Verkehrsleistung so stark zu den Emissionen bei (Abbildung 6-7), sondern vor allem auch, weil er im Vergleich der Verkehrsmittel trotz der sehr hohen Minderungsraten im Zeitraum 1990 bis 2005 von fast 30 % die höchsten Emissionen pro Tonnenkilometer aufweist.

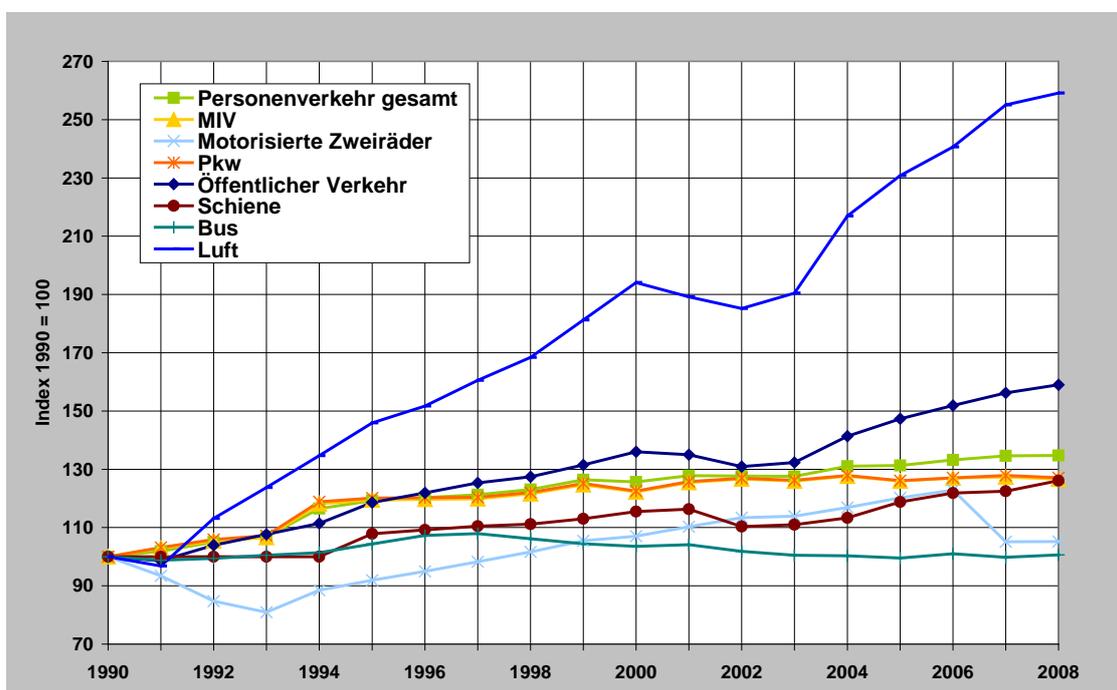
Abbildung 6-5 Spezifische CO₂-Emissionen im Güterverkehr



Quelle: TREMOD (2010) und Berechnungen Öko-Institut.

Um den Beitrag des Modal Shift zur Effizienz deutlicher herausarbeiten zu können, muss die Verkehrsleistung je Verkehrsträger dargestellt werden. Diese sagt jedoch nichts über die eigentliche Effizienz aus, sondern stellt tendenziell eher einen Indikator für die Suffizienz dar. Die Entwicklung ist in Abbildung 6-6 und Abbildung 6-7 dargestellt. Im Personenverkehr fällt vor allem der starke Zuwachs der Flugverkehrsleistung auf, der auf das Wirtschaftswachstum, eine steigende Anzahl von Verbindungen und Flughäfen und einen steigenden Anteil von Low-Cost-Carriern zurückzuführen ist. Nach dem 11. September 2001 gab es einen Rückgang in der Nachfrage. Bereits 2004 lag die Verkehrsleistung jedoch wieder auf einem Niveau, das bei einer Trendfortschreibung erreicht worden wäre.

Abbildung 6-6 Entwicklung Verkehrsleistung Personenverkehr³⁵



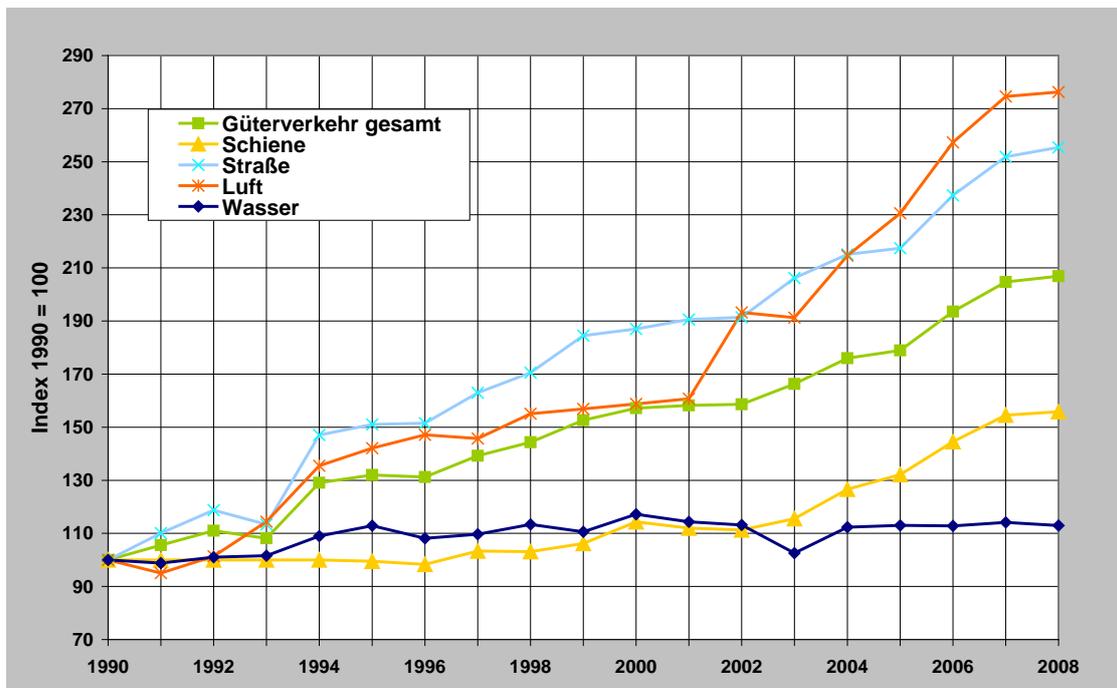
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Gesamt	Mrd. pkm	927	944	974	991	1.080	1.106	1.115	1.124	1.141	1.172	1.165	1.185	1.184	1.183	1.215	1.217	1.235	1.248	1.249
MIV	Mrd. pkm	695	716	733	741	821	830	832	833	845	867	850	872	880	876	887	876	883	885	880
Motorisierte Zweiräder	Mrd. pkm	16	15	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	18	19	19	16	16
Pkw	Mrd. pkm	680	701	719	729	808	816	817	818	829	850	833	855	863	858	869	857	863	869	864
Öffentlicher Verkehr	Mrd. pkm	232	229	241	250	258	275	283	291	296	305	316	313	304	307	328	342	352	362	369
Schiene	Mrd. pkm	78	78	78	78	78	84	85	86	86	88	90	90	86	86	88	92	94	95	98
Straße (Bus)	Mrd. pkm	81	80	81	82	83	85	87	88	86	85	84	85	83	82	82	81	82	81	82
Luft	Mrd. pkm	73	71	83	90	98	107	111	117	123	132	142	138	135	139	158	168	176	186	189

Quelle: TREMOD (2010) und Umrechnungen, Indexbildung Öko-Institut.

³⁵ Änderungen in der Statistik der Verkehrsdaten werden in TREMOD eingearbeitet und zu neuen konsistenten Zeitreihen vervollständigt. Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit können diese Rückrechnungen aber nicht beliebig weit in die Vergangenheit erfolgen. In TREMOD erfolgen Anpassungen an neue Erhebungsverfahren zurzeit rückwirkend bis 1994, für den Schienenverkehr bis 1995. Somit sind die Daten für den Zeitraum 1990-1994 nur eingeschränkt mit den Daten für die Periode 1995-2008 vergleichbar.

In der Abbildung 6-7 mit der Entwicklung der Verkehrsleistung im Güterverkehr findet sich nun tatsächlich die Erklärung dafür, dass die Energieeffizienzverbesserung des gesamten Güterverkehrs deutlich unter der der einzelnen Verkehrsträger liegt: Der Straßengüterverkehr hat mit Abstand die höchsten Zuwachsraten (den Luftverkehr ausgenommen, der relativ nur einen geringen Anteil ausmacht).

Abbildung 6-7 Entwicklung Verkehrsleistung Güterverkehr³⁶



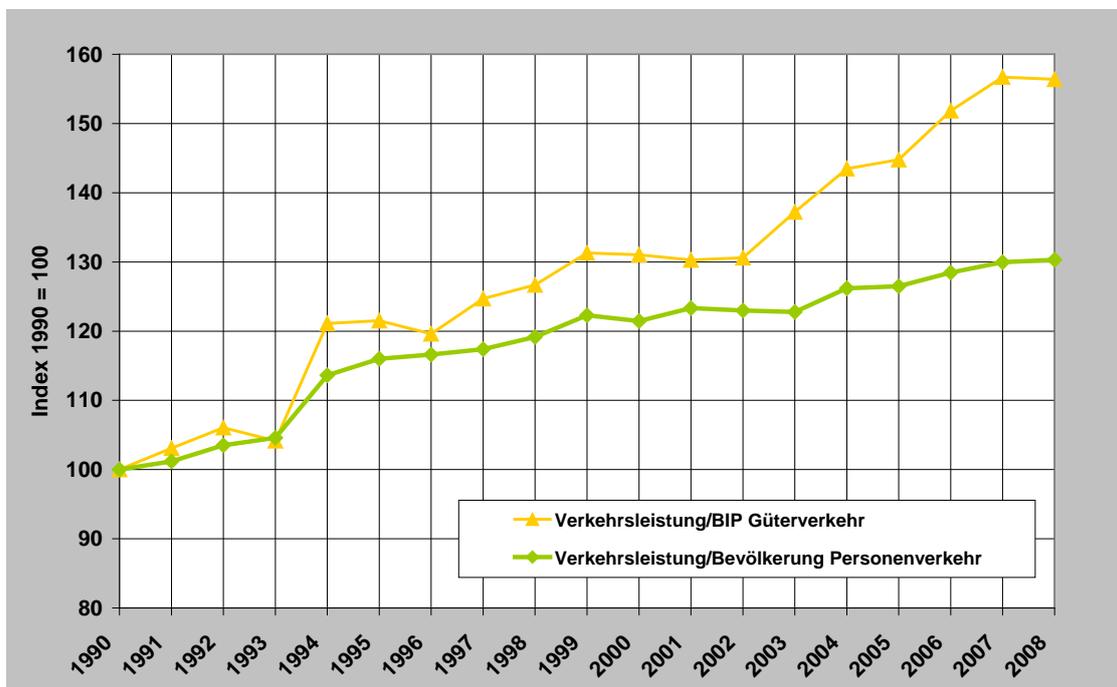
Gesamt	Mrd. tkm	321	339	356	347	415	424	421	447	463	490	505	508	509	534	565	575	622	657	664
Straße	Mrd. tkm	185	204	220	210	272	280	281	302	316	342	346	353	354	382	398	403	440	467	473
Schiene	Mrd. tkm	76	76	76	76	76	76	75	79	78	81	87	85	85	88	96	101	110	118	119
Luft	Mrd. tkm	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	9	9
Wasser	Mrd. tkm	57	56	57	58	62	64	61	62	64	63	66	65	64	58	64	64	64	65	64

Quelle: TREMOD (2010) und Umrechnungen, Indexbildung Öko-Institut.

³⁶ Änderungen in der Statistik der Verkehrsdaten werden in TREMOD eingearbeitet und zu neuen konsistenten Zeitreihen vervollständigt. Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit können diese Rückrechnungen aber nicht beliebig weit in die Vergangenheit erfolgen. In TREMOD erfolgen Anpassungen an neue Erhebungsverfahren zurzeit rückwirkend bis 1994, für den Schienenverkehr bis 1995. Somit sind die Daten für den Zeitraum 1990-1994 nur eingeschränkt mit den Daten für die Periode 1995-2008 vergleichbar.

In einem weiteren Schritt wäre es interessant als zusätzlichen Divisor für den Personenverkehr die Einwohnerzahl und für den Güterverkehr das BIP mit einzubeziehen, um so auch Aussagen hinsichtlich einer möglichen Entkopplung von Verkehrsleistung und Einwohnerzahl bzw. Wirtschaftswachstum treffen zu können. In Abbildung 6-8 sieht man deutlich, dass die Verkehrsleistung pro Einwohner gestiegen ist und auch die Verkehrsleistung bezogen auf das BIP (Inflationsbereinigt mit dem Basisjahr 2000), dies also nicht die – ausschließlichen – Gründe für ein Anwachsen der Verkehrsleistung sind, sondern sozusagen im Personenverkehr pro Person mehr Strecke zurückgelegt wird.

Abbildung 6-8 Entwicklung Verkehrsleistung Personenverkehr pro Einwohner bzw. Verkehrsleistung Güterverkehr bezogen auf das BIP



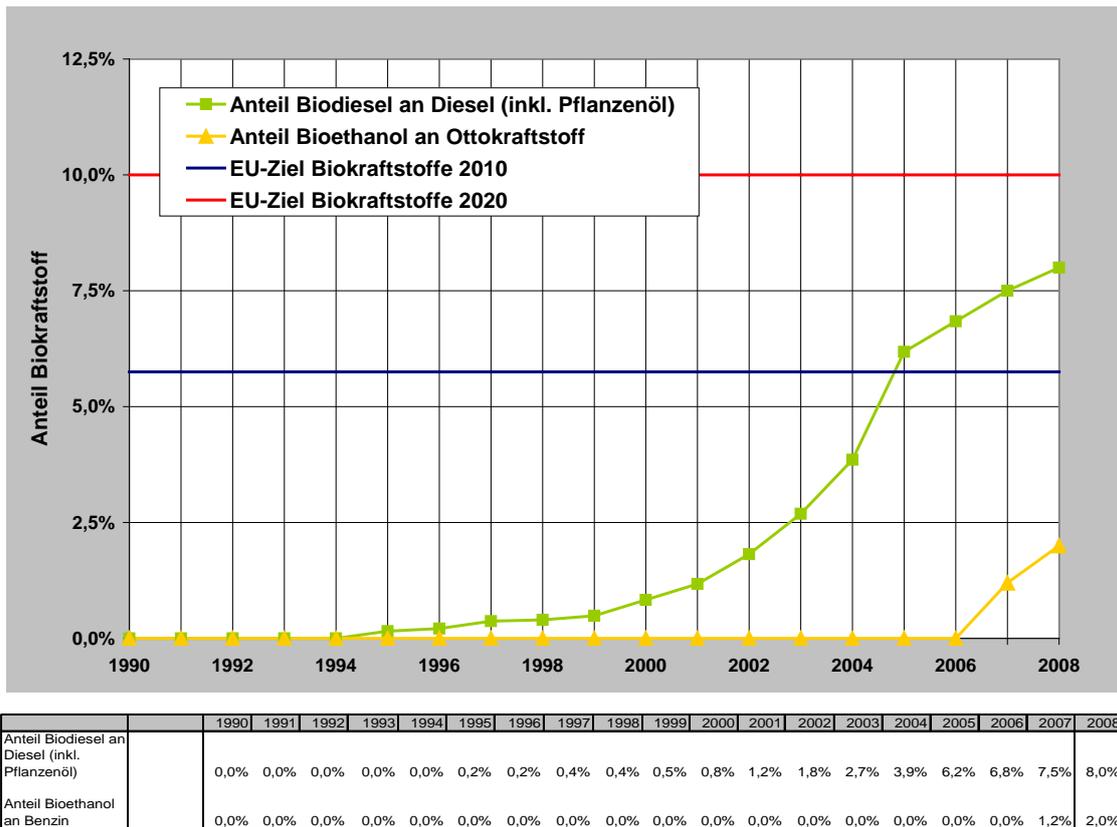
Quelle: TREMOD (2010) und Umrechnungen, Indexbildung Öko-Institut.

Grundsätzlich kommen als weitere, verkehrssektorübergreifende Indikatoren die Gesamtenergieverbrauchsentwicklung nach Energieträgern und Gesamtenergieverbrauchsentwicklung nach Verkehrsträgern in Frage.

Um die fahrzeugspezifische Effizienzverbesserung abbilden zu können, muss der Kraftstoffverbrauch pro Kilometer des Verkehrsträgers dargestellt werden. Dies wird vor allem bezogen auf Pkw bei den einzelnen Verkehrsträgern noch einmal angesprochen. Die Auslastung der straßengebundenen Fahrzeuge kann abgeleitet werden über die Verkehrsleistung dividiert durch die Fahrleistung. Für Bahn, Schiff und Flugzeug könnte hier als Referenzgröße die angebotenen Platz- bzw. Tonnenkilometer herangezogen werden, um diese dann in Bezug zu der Verkehrsleistung zu setzen.

Der Anteil der eingesetzten Biokraftstoffe im Verkehrssektor lässt keine Aussage über die Energieeffizienz zu. Jedoch ist dies vor allem eine interessante Größe bezüglich der Klimaschutzanstrengungen in diesem Sektor. Da die CO₂-Emissionen der Kraftstoffherstellung nicht dem Verkehrssektor angerechnet werden (Abgrenzung Klimaberichterstattung), können die CO₂-Emissionen des Verkehrs entsprechend dem Anteil der Biokraftstoffe reduziert werden, denn deren Verbrennung wird als CO₂-frei berücksichtigt.

Abbildung 6-9 Entwicklung des Anteils der Biokraftstoffe



Quelle: TREMOD 2010.

In einem weiteren Schritt kann es interessant sein, die Entwicklung der einzelnen Verkehrsträger noch einmal im Detail zu betrachten. Mögliche Betrachtungsformen sind im Folgenden weiter ausgeführt.

6.3.1 Pkw

Der motorisierte Individualverkehr (MIV) stellt wegen seines großen Anteils am Energieverbrauch im Verkehrssektor einen besonders wichtigen Bereich dar. Auch sind hier mit der Richtlinie zu CO₂-Grenzwerten für neu zugelassene Pkw ab dem Jahr 2012 erstmals ordnungspolitische Maßnahmen verabschiedet worden, die – zumindest indirekt – einen deutlichen Einfluss auf die Energieeffizienz eines Verkehrsträgers haben

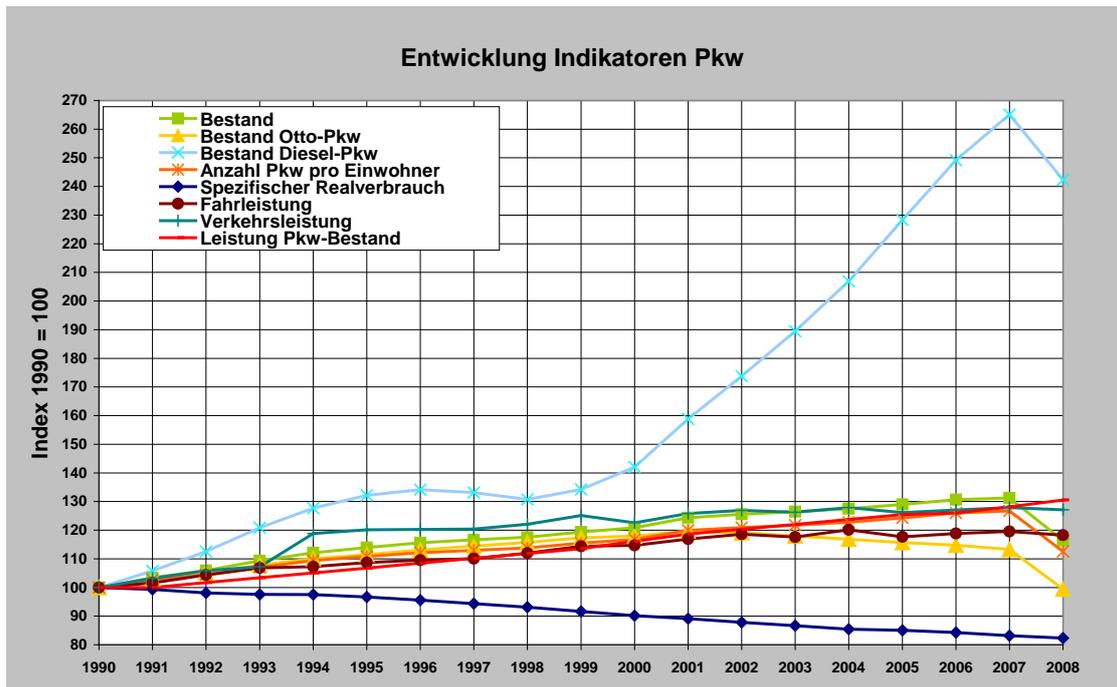
werden. Es ist daher zu empfehlen, verschiedene Parameter sowohl für den Pkw-Bestand als auch die neu zugelassenen Pkw getrennt abzubilden. Für den Pkw-Bestand interessant sind:

- Bestandsentwicklung Anzahl (und dividiert durch Einwohner)
- Verbrauchsentwicklung Bestand
- Fahrleistungsentwicklung
- Verkehrsleistungsentwicklung
- Spezifischer Realverbrauch des Pkw-Bestandes
- Entwicklung Leistung im Pkw-Bestand

Diese Indikatoren können von 1990 auch auf der Basis von TREMOD abgebildet werden. Einzige Ausnahme ist die Entwicklung der Motorleistung, die auf „Verkehr in Zahlen“ beruht und für die Angaben erst ab dem Jahr 1993 zur Verfügung stehen. Um ein einheitliches Bild zu ermöglichen, wurden die Daten 1990 bis 1993 extrapoliert und mit in die Betrachtung aufgenommen. Es zeigt sich, dass der Anteil an Diesel-Pkw vor allem ab dem Jahr 2000 stark zugenommen hat. Der Bruch zwischen den Jahren 2007 und 2008 bei der Anzahl der Pkw im Bestand begründet sich darin, dass die Bestandsstatistik des KBA umgestellt wurde. Ab 2008 werden die vorübergehend stillgelegten Fahrzeuge, die bis dato in den Beständen mit ausgewiesen wurden, nicht mehr berücksichtigt. Dies macht im Vergleich zum Vorjahr beispielsweise etwa 5,4 Millionen Pkw aus [KBA 2008].

In der Abbildung ist des weiteren zu sehen, dass der spezifische Realverbrauch des Pkw-Bestandes verglichen mit dem Verbrauch im Jahr 1990 um rund 18% abgenommen hat – obwohl die durchschnittliche Pkw-Motor-Leistung (kW) im gleichen Zeitraum um nahezu 30% zugenommen hat. Diese Verbräuche werden in dem Modell TREMOD über die Fahrleistung der Pkw, den Gesamtenergieverbrauch der Pkw und dem Handbuch für Emissionsfaktoren ermittelt und liegen je nach Fahrsituation etwa 10 bis 15 % über den Emissionen, die in dem genormten Fahrzyklus NEFZ erfasst werden.

Abbildung 6-10 Entwicklung verschiedener Indikatoren im Pkw-Bestand³⁷



		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Bestand	Anzahl	35.452.323	36.664.061	37.555.603	38.762.804	39.755.511	40.394.971	40.978.900	41.363.879	41.666.143	42.315.731	42.832.549	44.077.793	44.520.315	44.840.117	45.199.227	45.732.916	46.329.983	46.528.946	41.252.384
Bestand Otto-Pkw	Anzahl	31.256.220	32.224.905	32.832.172	33.692.276	34.397.431	34.850.420	35.348.345	35.777.376	36.179.183	36.682.752	36.871.873	37.411.758	37.228.714	36.888.997	36.516.584	36.151.502	35.874.455	35.404.251	31.084.287
Bestand Diesel-Pkw	Anzahl	4.196.102	4.439.156	4.723.431	5.070.528	5.358.080	5.544.551	5.630.554	5.586.501	5.486.960	5.632.979	5.960.676	6.666.035	7.291.601	7.951.120	8.682.643	9.581.415	10.455.528	11.124.695	10.168.097
Anzahl Pkw pro Einwohner		0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,49	0,50	0,50	0,51	0,52	0,52	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56
Spezifischer Realverbrauch	MJ/km	3,02	3,00	2,97	2,95	2,95	2,92	2,89	2,85	2,81	2,77	2,72	2,69	2,65	2,62	2,58	2,57	2,55	2,51	2,49
Fahrleistung	Mrd. km	489	496	510	522	524	531	535	538	547	559	560	571	580	574	587	575	581	584	578
Verkehrsleistung	Mrd. pkm	680	701	719	729	808	816	817	818	829	850	833	855	863	858	869	857	863	869	864
Leistung Pkw-Bestand	kW	59	59	60	61	62	63	64	65	66	67	69	70	71	72	73	74	74	76	77

Quelle: TREMOD (2010), BMVBS (2009), Umrechnungen und Indexbildung Öko-Institut.

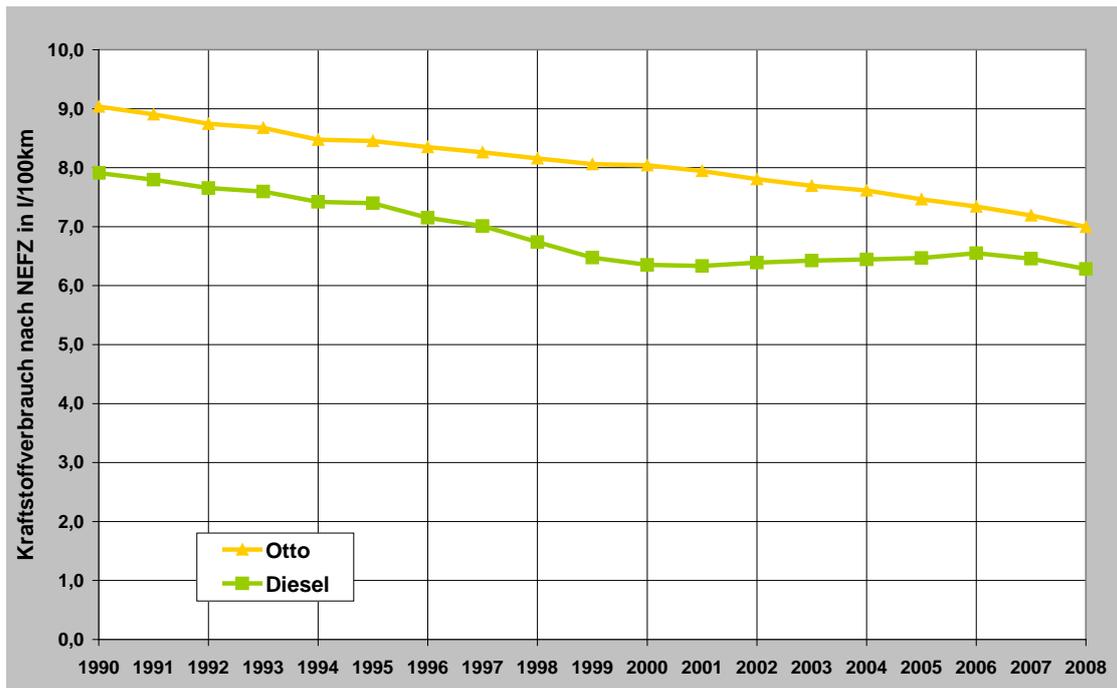
Neue Antriebskonzepte, die deutlich die Energieeffizienz von Fahrzeugen beeinflussen können, werden auf absehbare Zeit immer wichtiger, wie die Diskussionen um Hybrid-Pkw oder aber die Elektrifizierung des Antriebsstranges zeigen. Als ein weiterer Indikator bietet sich damit der Pkw-Bestand differenziert nach Antriebsarten an. Eine einheitliche Zeitreihe existiert jedoch seitens des KBA erst seit dem Jahr 2006, hierbei handelt es sich also vor allem um einen Indikator, der zukünftig relevant werden könnte [KBA 2008a, b].

Es ist durchaus interessant, die Entwicklung des Kraftstoffverbrauches der neu zugelassenen Pkw im selben Zeitraum separat zu betrachten. Dieser wird offiziell erst seit dem Jahr 1998 für alle neu zugelassenen Pkw einheitlich über den genormten Fahrzyklus NEFZ erfasst. Das Ifeu hat im Rahmen der Arbeiten für TREMOD diesen auf

³⁷ Änderungen in der Statistik der Verkehrsdaten werden in TREMOD eingearbeitet und zu neuen konsistenten Zeitreihen vervollständigt. Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit können diese Rückrechnungen aber nicht beliebig weit in die Vergangenheit erfolgen. In TREMOD erfolgen Anpassungen an neue Erhebungsverfahren zurzeit rückwirkend bis 1994, für den Schienenverkehr bis 1995. Somit sind die Daten für den Zeitraum 1990-1994 nur eingeschränkt mit den Daten für die Periode 1995-2008 vergleichbar. Auch fällt, wie im Text beschrieben, die Umstellung der Bestandsstatistik im Jahr 2008 deutlich auf.

Basis der KBA-Daten auch für die Jahre 1990-1997 abgeleitet [TREMOT 2006]. Die Entwicklung ist in Abbildung 6-11 dargestellt. Wichtig ist es hier, deutlich zu machen, dass diese Kraftstoffverbräuche nicht direkt mit den realen Bestandsverbräuchen der Abbildung 6-10 vergleichbar sind, da die Angaben der neu zugelassenen Pkw auf der Basis des NEFZ gemacht werden. Um hier Verwirrungen vorzubeugen, könnte auch eine indizierte Darstellung gewählt werden. Allerdings ist es sicherlich einfacher, die Entwicklung in Litern pro 100 km einzuschätzen.

Abbildung 6-11 Entwicklung Kraftstoffverbrauch neu zugelassener Pkw

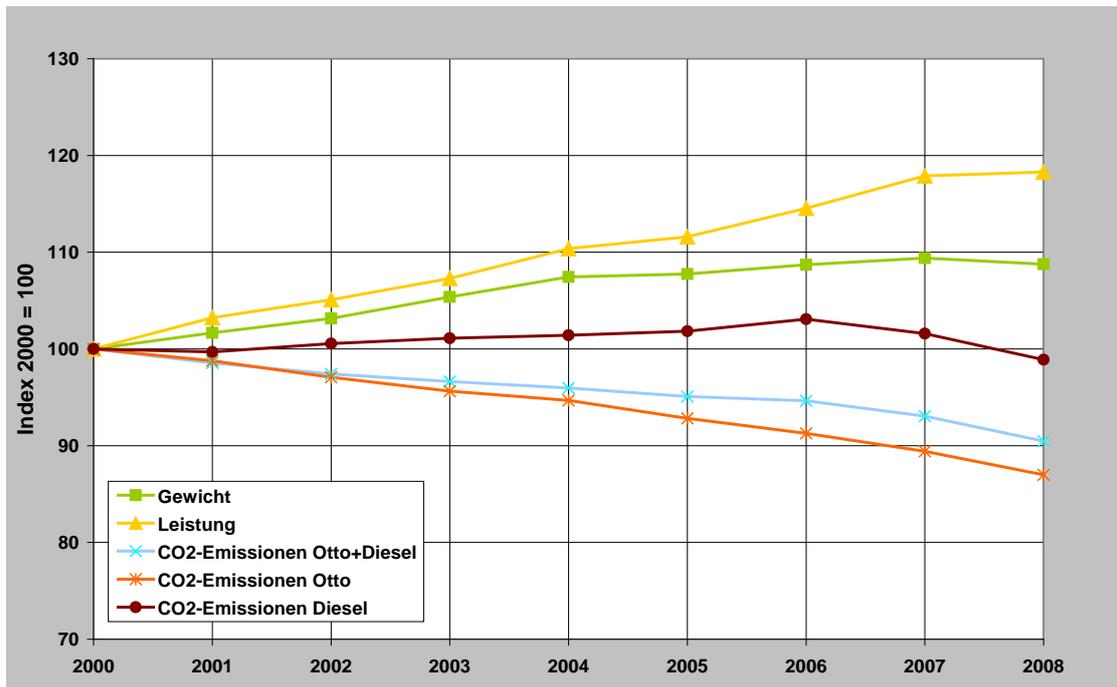


		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Otto	l/100km	9,0	8,9	8,7	8,7	8,5	8,5	8,3	8,3	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,7	7,6	7,5	7,3	7,2	7,0
Diesel	l/100km	7,9	7,8	7,7	7,6	7,4	7,4	7,2	7,0	6,7	6,5	6,4	6,3	6,4	6,4	6,4	6,5	6,5	6,5	6,3

Quelle: TREMOD 2006/2010.

Im Hinblick auf die Pkw-Richtlinie sind zusätzliche Auswertungen der Monitoringdaten bezüglich weiterer Parameter, die den Kraftstoffverbrauch und damit die Energieeffizienz von Pkw beeinflussen, ab dem Jahr 2000 möglich [COM 2009]. In der folgenden Graphik ist die Entwicklung der CO₂-Emissionen (ebenfalls entsprechend des NEFZ), des Gewichts und der Leistung dargestellt. Zur Verfügung stünde auch die Entwicklung des Hubraums, der jedoch - insbesondere durch neue technische Maßnahmen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs von Pkw, wie dem Motordownsizing - zunehmend an Aussagekraft bezüglich der Energieeffizienz von Pkw verliert.

Abbildung 6-12 Entwicklung Effizienz-relevanter Faktoren neu zugelassener Pkw

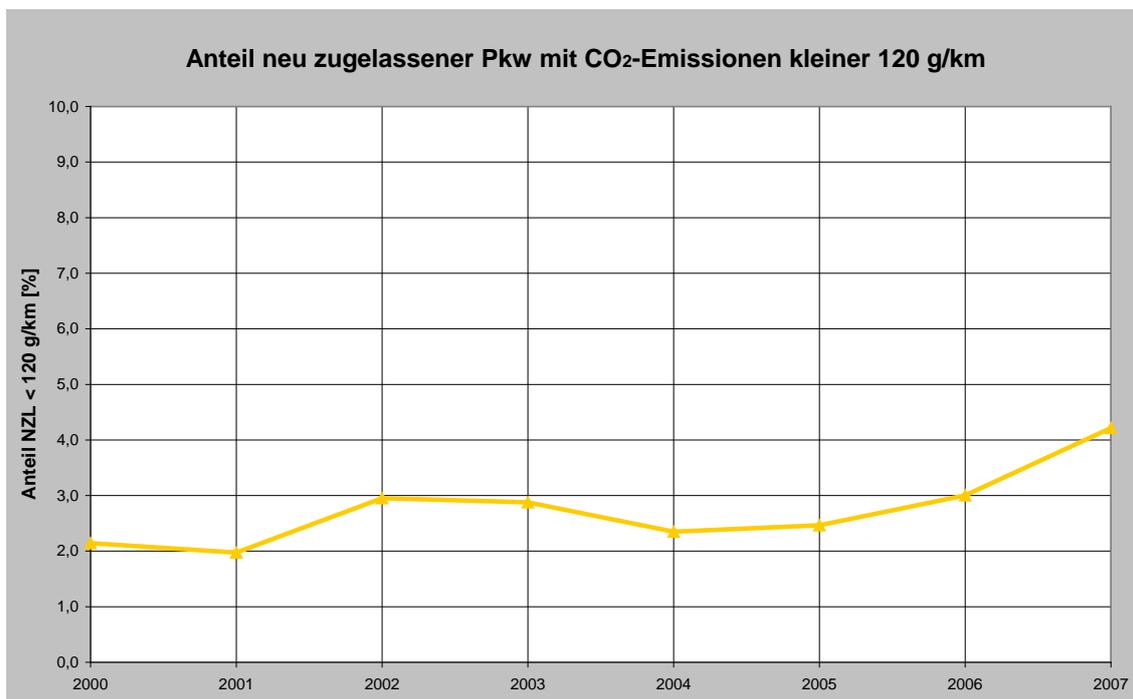


		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Gewicht	kg	1.310	1.332	1.352	1.361	1.406	1.412	1.424	1.433	1.425
Leistung	kW	81	84	85	87	90	91	93	96	96
CO2-Emissionen Pkw	g/km	182	180	177	176	175	173	172	170	165
CO2-Emissionen Otto	g/km	188	186	183	180	178	175	172	168	164
CO2-Emissionen Diesel	g/km	168	168	169	170	171	171	173	171	166

Quelle: COM 2009 und Berechnungen/Indexbildung Öko-Institut.

In ersten Diskussionen im Rahmen dieses Projektes wurde auch vorgeschlagen, die Entwicklung des Anteils von neu zugelassenen Pkw darzustellen, die unter 120 g CO₂/km emittieren. Dieses Vorgehen ist in der nächsten Abbildung dargestellt.

Abbildung 6-13 Anteil neu zugelassener Pkw mit weniger als 120 g CO₂/km

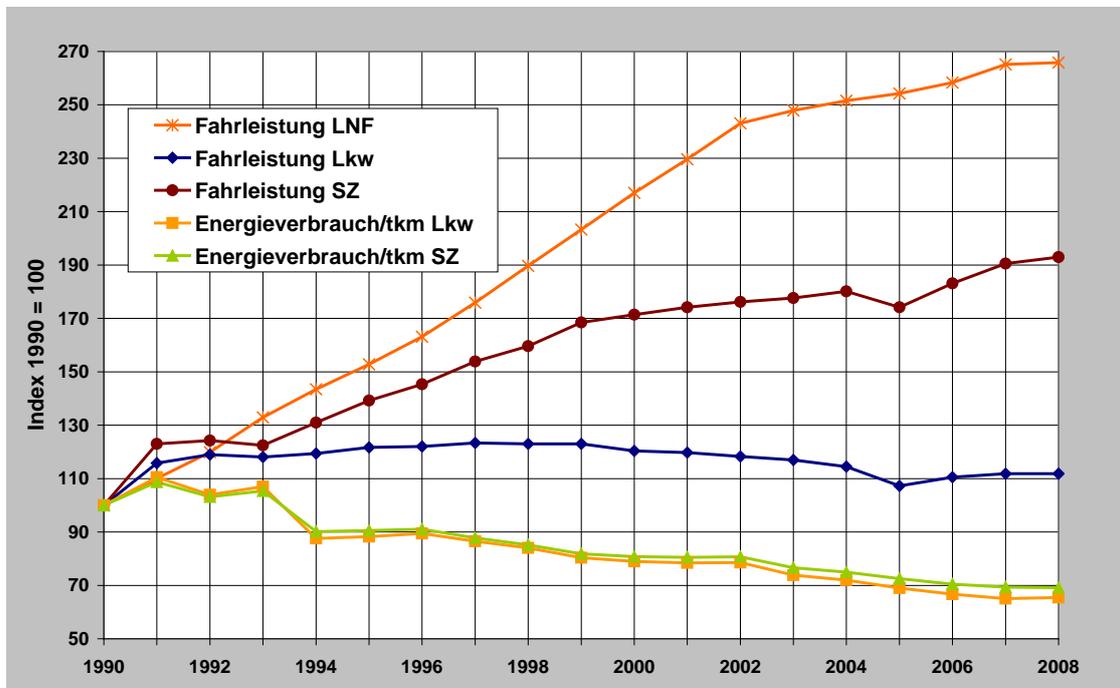


Quelle: COM 2009 und Berechnungen Öko-Institut.

6.3.2 Straßengüterverkehr

Bei den Lkw und Sattelzügen stehen zwar Daten in ähnlicher Aggregation zur Verfügung wie bei den Pkw. Es macht aber nur wenig Sinn, beispielsweise die durchschnittlichen Kraftstoffverbräuche differenziert nach leichten Nutzfahrzeugen (LNF), Lkw und Sattelzügen (SZ) oder den Energieverbrauch je Transportleistung differenziert nach den einzelnen Größenklassen abzubilden, da diese wesentlich von der Auslastung der Fahrzeuge abhängen. Anders als bei den Pkw gibt es für neu zugelassene Lkw noch keine genormten Verbrauchsangaben, so dass auch diese Größe als Indikator wegfällt. In der Abbildung 6-14 sind verschiedene Indikatoren zum Straßengüterverkehr exemplarisch dargestellt, wobei die Entwicklung Energieverbrauch je Tonnenkilometer sicherlich am meisten Sinn macht. Da es für Leichte Nutzfahrzeuge keine statistischen Erhebungen bezüglich der von ihnen transportierten Mengen gibt, ist diese Art von Indikator nur für Lkw und Sattelzüge darstellbar.

Abbildung 6-14 Entwicklung verschiedener Indikatoren im Straßengüterverkehr



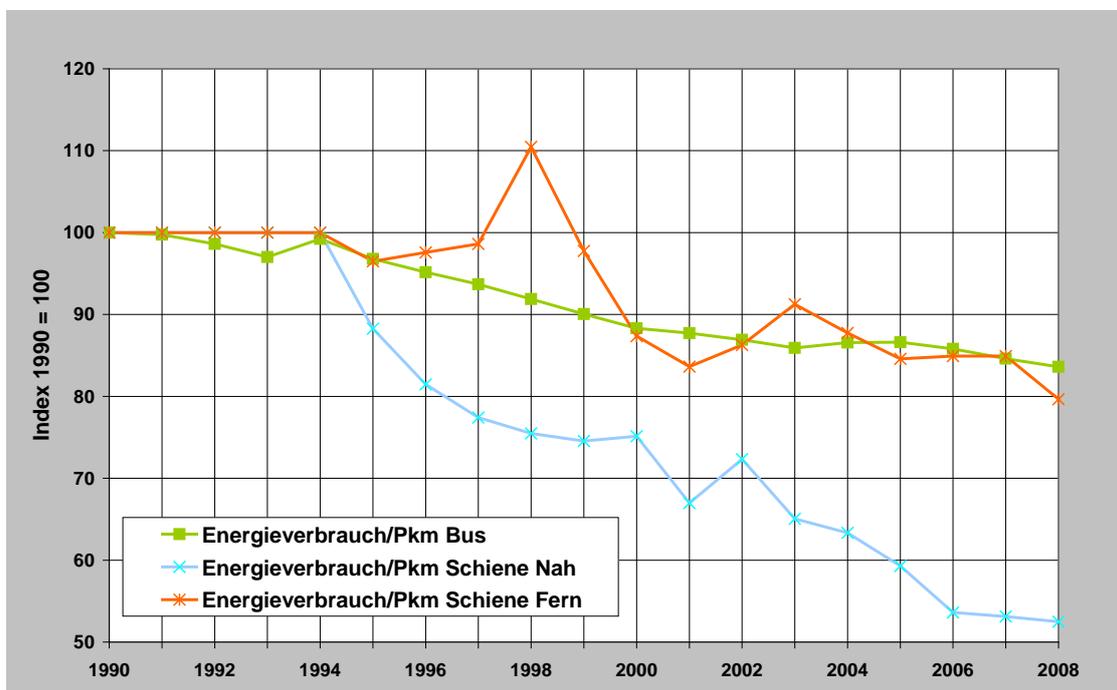
Fahrleistung LNF	Mrd. km	14	16	17	19	20	22	23	25	27	29	31	33	35	35	36	36	37	38	38
Fahrleistung Lkw	Mrd. km	15	18	18	18	18	19	19	19	19	19	18	18	18	18	17	16	17	17	17
Fahrleistung SZ	Mrd. km	20	25	25	25	26	28	29	31	32	34	35	35	36	36	36	35	37	38	39
Verbrauch LNF	PJ	54	59	64	70	77	82	88	94	101	108	113	118	124	125	126	131	136	138	137
Verbrauch Lkw	PJ	107	122	127	124	134	133	131	130	127	125	121	120	118	117	115	108	112	115	112
Verbrauch SZ	PJ	233	282	287	281	311	322	327	340	347	363	364	371	374	383	393	385	409	428	434
Verkehrsleistung Lkw	Mrd. tkm	23	24	26	25	33	32	32	32	33	34	33	33	32	34	34	34	34	36	38
Verkehrsleistung SZ	Mrd. tkm	162	180	194	185	239	247	249	269	283	308	313	320	322	348	364	369	403	428	436
Energieverbrauch/tkm Lkw	MJ/tkm	4,64	5,13	4,82	4,96	4,06	4,09	4,15	4,01	3,90	3,73	3,66	3,64	3,64	3,43	3,34	3,20	3,09	3,02	3,04
Energieverbrauch/tkm SZ	MJ/tkm	1,44	1,56	1,48	1,52	1,30	1,30	1,31	1,26	1,23	1,18	1,16	1,16	1,16	1,10	1,08	1,04	1,01	1,00	1,00

Quelle: TREMOD (2010) und Umrechnungen, Indexbildung Öko-Institut.

6.3.3 Übrige Verkehrsträger

Der Energieverbrauch pro Verkehrsleistung der übrigen Verkehrsträger könnte differenziert nach Personen- und Güterverkehr noch einmal disaggregierter nach den einzelnen Verkehrsträgern dargestellt werden. Allerdings ist fraglich, ob dadurch Aussagen generiert werden, die einen zusätzlichen Informationsgewinn ermöglichen. In der folgenden Darstellung ist der Energieverbrauch pro Personenkilometer für die verschiedenen Transportmittel des öffentlichen Verkehrs (ohne Luftverkehr) dargestellt (Abbildung 6-15). Im Schienen- und Busverkehr zeigen sich deutliche Verbesserungen. Da für Straßenbahnen, S-Bahnen und U-Bahnen kaum Informationen verfügbar sind, wurde in TREMOD eine konstante Entwicklung angenommen.

Abbildung 6-15 Entwicklung der Energieeffizienz im Öffentlichen Personenverkehr



		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Bus	PJ	51,5	50,8	50,5	50,2	51,8	52,0	52,6	52,1	50,3	48,4	47,1	47,0	45,6	44,5	44,7	44,4	44,6	43,5	43,3
Schiene Nah	PJ	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,7	32,4	31,8	31,7	31,9	32,4	29,8	30,4	28,4	28,2	28,2	26,3	26,4	26,7
Schiene Fern	PJ	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,2	12,2	13,4	12,0	11,1	10,4	9,9	10,2	10,0	10,0	10,3	10,2	10,0
Bus	Mrd. pkm	81,4	80,4	81,0	81,8	82,6	85,0	87,4	87,9	86,5	85,0	84,3	84,8	82,9	81,9	81,7	81,1	82,2	81,2	81,9
Schiene Nah	Mrd. pkm	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	34,7	36,1	37,2	38,1	38,9	39,2	40,4	38,2	39,7	40,5	43,1	44,5	45,1	46,1
Schiene Fern	Mrd. pkm	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8	36,3	35,6	35,2	34,6	34,9	36,2	35,3	32,7	31,6	32,4	33,7	34,5	34,2	35,6
Bus	MJ/pkm	0,63	0,63	0,62	0,61	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,55	0,54	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53
Schiene Nah	MJ/pkm	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,97	0,90	0,85	0,83	0,82	0,83	0,74	0,80	0,72	0,70	0,65	0,59	0,59	0,58
Schiene Fern	MJ/pkm	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,35	0,39	0,34	0,31	0,29	0,30	0,32	0,31	0,30	0,30	0,30	0,28

Quelle: TREMOD (2010) und Umrechnungen, Indexbildung Öko-Institut.

6.3.4 Energieeffizienzindikatoren

Auf Basis der möglichen Indikatoren wird vorgeschlagen, die Folgenden für eine Veröffentlichung ins Auge zu fassen:

- Verbrauch bezogen auf die Verkehrsleistung - übergreifend sowie jeweils für die einzelnen Transportarten, differenziert nach Personen- und Güterverkehr,
- Verkehrsleistung differenziert nach Personen- und Güterverkehr für die einzelnen Transportarten,
- Verkehrsleistung differenziert nach Personen- und Güterverkehr bezogen auf Bevölkerung bzw. BIP,
- Entwicklung verschiedener Indikatoren im Pkw-Bestand,
- Entwicklung effizienzrelevanter Indikatoren für Pkw-Neuzulassungen.

7 Makroebene

7.1 Spezifische Merkmale der Analyse

Im Unterschied zu den sektoralen Betrachtungen geht es bei Analysen der Energieeffizienz auf der Makroebene vor allem um die Frage nach den Treibern von Energieverbrauchsgrößen in einer Volkswirtschaft insgesamt sowie um die Veränderungen des Verhältnisses zwischen hoch aggregierten Energieverbrauchsgrößen einer Volkswirtschaft einerseits sowie ökonomischen und demographischen Merkmalen andererseits. Ein generelles Problem hoch aggregierter Indikatoren auf Makroebene besteht allerdings darin, dass weder die möglicherweise völlig unterschiedliche Entwicklung in den einzelnen Verbrauchssektoren noch die Vielzahl struktureller Einflussfaktoren sichtbar werden, die hinter der Entwicklung hoch aggregierter Energieverbrauchsindikatoren stehen können, d. h., die inhaltliche Aussagefähigkeit derartiger Indikatoren ist begrenzt und beinhaltet auch die große Gefahr von Fehlinterpretationen. Eine Möglichkeit, die Aussagefähigkeit zu erhöhen und trotzdem Aussagen auf nationaler Ebene treffen zu können, wäre die Untersuchung sektoraler Energieverbrauchsindikatoren und eine nachfolgende Aggregation der Einzelergebnisse. Auch eine Faktorenanalyse des Energieverbrauchs auf Makroebene erhöht die Aussagefähigkeit, da strukturelle Einflüsse so zumindest teilweise herausgefiltert werden können. Verglichen mit den einfachen Verbrauchsindikatoren auf Makroebene verursachen diese Ansätze, die von einer weniger hoch aggregierten Ebene ausgehend zu aussagefähigeren Makroindikatoren gelangen, allerdings einen teilweise erheblich höheren Datenbedarf und zusätzliche methodische Probleme bei der Aggregation der Einzelergebnisse.

Die Vorteile der Indikatoren auf Makroebene sind vor allem darin zu sehen, einen schnellen, meist aktuelleren sowie zudem einen leicht verständlichen und vermittelbaren Überblick über hoch aggregierte Trends, nicht zuletzt auch für internationale Quervergleiche, zu ermöglichen. Auch im Hinblick auf die ihre Verwendung zur Erfolgskontrolle können Energieverbrauchsindikatoren auf Makroebene einige Vorteile aufweisen, da sie ohne größeren Aufwand zu ermitteln sind. Daher wird man, zumindest wenn es um die Überprüfung vorgegebener Zielsetzungen geht, vermutlich in der Regel zuallererst auf derartige hoch aggregierte Indikatoren zurückgreifen, auch wenn deren inhaltliche Aussagefähigkeit begrenzt ist. Für die Bewertung der Auswirkungen von spezifischen Maßnahmen sind Energieverbrauchsindikatoren auf Makroebene jedoch wenig geeignet, da hier in der Regel zumindest eine differenziertere sektorale Betrachtung erforderlich ist.

Wegen der Vernachlässigung von strukturellen Veränderungen bei hoch aggregierten Indikatoren sind in jedem Fall die auf dieser Basis ermittelten Ergebnisse in erheblichem Umfang interpretationsbedürftig, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. (Zur weiteren Diskussion der Problematik von Makroindikatoren vgl. auch Diekmann et al, 1999).

7.2 Datenquellen für Indikatoren auf Makroebene

Die wichtigsten Datenquellen für die Bildung von Indikatoren auf der Makroebene sind in der nachstehenden Tabelle 7-1 entnehmen.

Tabelle 7-1 Datenquellen für die Indikatoren auf der Makroebene

Datenquelle	Erhebende Institution	Grad der "Offizialität"	Aggregationsniveau	Verfügbarkeit	Methodik	Bemerkungen
Energiebilanz für Deutschland	AG Energiebilanzen	quasi-amtlich	Energieaufkommen und Verwendung nach Primär- und Sekundärenergieträgern sowie Sektoren	jährlich (derzeit bis 2007/08 bzw. Ausw.tab. bis 2008)	Erhebungen des StaBuA; z.T. auch Schätzungen auf Basis von Verbandsangaben	Primärenergieseitig hinreichend gesicherte Daten; endenergieseitig größere Unsicherheiten bei Haushalten und im GHD-Sektor
Bevölkerung	Statistisches Bundesamt, Fachserie 1 sowie "Wirtschaft und Statistik"	amtlich	Gesamtbevölkerung zum Jahresende bzw. im Jahresmittel	bis 2008	Fortschreibungen	Fortschreibungsbedingte Unsicherheiten
Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt)	Statistisches Bundesamt (Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, VGR)	amtlich	Gesamtwirtschaft plus Wirtschaftszweige	jährlich	Erhebungen des StaBuA	Preisbereinigte Werte in Euro nicht offiziell veröffentlicht (nur Kettenindex), auf Anforderung beim Statistischen Bundesamt erhältlich. Bei Umstellung der Methode oder Systematik lange Reihen verfügbar
Bruttowertschöpfung nach Produktionsbereichen	Statistisches Bundesamt (VGR, Umweltökonomische Gesamtrechnung, UGR)	amtlich	(in UGR insgesamt 14 Produktionsbereiche)	jährlich	Input-/Output-Tabellen des StaBuA	Unsicherheiten bezüglich der Energieverbrauchszuordnung zu den produktionsbereichen
Treibhausgas-/CO ₂ -Emissionen	Umweltbundesamt	Nationales Emissionsinventar	Sektoral differenziert (nach IPCC-Systematik)	jährlich (bis 2007)	Erhebungen und Ableitungen von Basisdaten	Große Abhängigkeit von Energiebilanzen
Gradtagzahlen	Deutscher Wetterdienst	quasi-amtlich	Durchschnittsbildung über x Stationen	monatlich	Messungen	Angaben verfügbar über IWU
Lagerbestandsveränderungen	Panel von Mineralölunternehmen	Verband	Auslastung der Lagerkapazität der Haushalte	monatlich	Panelumfrage	Erhebliche Unsicherheiten

Neben den weiter oben erwähnten Quellen für die energiebilanzbezogenen Daten (siehe Abschnitt 2.1) handelt es sich bei den demographischen und gesamtwirtschaftlichen Daten durchweg um amtliche Quellen. Dies gilt im Grunde auch für die Gradtagzahlen des Deutschen Wetterdienstes sowie für die Treibhausgasemissionen nach dem Nationalen Emissionsinventar, das zudem noch der Qualitätskontrolle durch das Klimasekretariat unterworfen ist. Erheblich unsicher sind dagegen die lediglich aus einem begrenzten Panel abgeleiteten Ergebnisse zu den Lagerbestandsveränderungen im Bereich der privaten Haushalte. Festzustellen ist auch, dass mit einer Ausnahme für sämtliche der in Tabelle 7-1 genannten Datenquellen Zeitreihen für die Jahre von 1990 bis 2007/2008 vorliegen.

Bei der Ausnahme handelt es aber immerhin um die amtlichen Angaben zur wirtschaftlichen Entwicklung in (Gesamt-)Deutschland. So werden seitens des Statistischen Bundesamtes beispielsweise keine Daten zum Bruttoinlandsprodukt oder zur sektoralen Bruttowertschöpfung für das Jahr 1990 ausgewiesen. Für das Bruttoinlandsprodukt wird daher im Folgenden auf Schätzwerte zurückgegriffen, die Anfang der neunziger Jahre vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin) im Rahmen seiner Arbeiten zu den volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen in den alten und neuen Bundesländern vorgelegt waren und seither an die jeweilig neue Preisbasis angepasst

worden sind. Es sei nur am Rande erwähnt, dass das Statistische Bundesamt bei der Erarbeitung von Nachhaltigkeitsindikatoren ebenfalls diese Daten für 1990 verwendet (Statistisches Bundesamt, 2008). Insofern lässt sich bei den Makroindikatoren der Rückgriff auf diese Datenquelle rechtfertigen.

Ergänzend zur Datenrecherche auf sektoraler Ebene wurde zugleich die Datenbasis für ein Indikatorensystem auf gesamtwirtschaftlicher Ebene evaluiert. Dabei sind die Haupttreiber von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen und das entsprechende Quellenmaterial herausgearbeitet worden. Wichtig sind in diesem Zusammenhang alle Veränderungen, die im Umwandlungssektor ablaufen (Ausbau der erneuerbaren Energien und der KWK, Effizienzverbesserung bei den fossilen Kraftwerken, Veränderungen im Brennstoffmix der Kraftwerke, Veränderungen beim Produktspektrum der Raffinerien, welche zu geänderten Energieverbrauch führen etc).

7.3 Indikatoren auf Makroebene

Für die Definition von Energieverbrauchsindikatoren ist zunächst zu klären, welche Energieverbrauchsgrößen zugrunde gelegt werden sollten. Die auf der Makroebene am häufigsten verwendete Größe ist der Primärenergieverbrauch, der sich zusammensetzt aus dem Endenergieverbrauch (EEV), dem nichtenergetischen Verbrauch sowie dem gesamten Energieverbrauch im Energiesektor (Verbrauch bei der Energieumwandlung und Primärenergieträgergewinnung, Energieumwandlungsverluste, sonstige Energieverluste sowie statistische und Bewertungsdifferenzen).

Teilweise werden auf gesamtwirtschaftlicher Ebene jedoch auch Indikatoren des Endenergieverbrauchs verwendet. Angaben zum Primär- und Endenergieverbrauch sind den nationalen oder internationalen Energiebilanzen zu entnehmen und somit statistisch leicht verfügbar.

Eine ebenfalls mögliche Energieverbrauchsgröße stellt der Nutzenergieverbrauch dar, d. h. die tatsächlich nutzbare Energie in Form von Licht, Kraft und Wärme, auf die es dem Endverbraucher letztlich ankommt. Die statistische Erfassung des Nutzenergieverbrauchs ist allerdings problematisch, da die Nutzungsgrade nicht nur intrasektoral, sondern auch bei den einzelnen Energiewandleraggregaten stark variieren. Mangels hinreichend belastbarer Daten hat sich die Nutzenergie auf Makroebene nicht als Alternative zur vorherrschenden Messung auf Ebene der Primär- oder Endenergie durchsetzen können. Als Anhaltswert werden daher häufig auch nur die vorliegenden Informationen zur Struktur des sektoralen Endenergieverbrauchs nach Anwendungszwecken herangezogen.

Bei der quantitativen Messung des Primär- oder Endenergieverbrauchs werden die einzelnen Energieträgermengen im Allgemeinen zunächst in ihren marktüblichen physikalischen Handelseinheiten dimensioniert und dann mit Hilfe eines einheitlichen Umrechnungsfaktors zu einer Globalgröße zusammengefasst. Das traditionell präferierte Aggregationsverfahren ist das der Umdimensionierung der jeweiligen Energieträgermengen in eine einheitliche thermische Maßeinheit über ihren entsprechenden Heiz-

wert. Dieses Aggregationsverfahren ist jedoch nicht völlig unproblematisch. Neben Bewertungsproblemen bei den Energieträgern, für die keine Heizwerte existieren (Kernenergie, Wasserkraft, sonstige regenerative Energieträger), ergibt sich das Problem, dass sich die Heizwerte sowohl von Jahr zu Jahr als auch von Land zu Land unterscheiden. Zu beachten ist ferner, dass unterschiedliche Statistiken vor allem für Gase teilweise mit dem Brennwert (früher: oberer Heizwert) operieren, der sich z. B. beim Erdgas um ca. 10 % vom (unteren) Heizwert unterscheidet. Trotz dieser Probleme stellen die meisten gebräuchlichen Indikatoren auf Makroebene auf den in einheitlichen thermischen Maßeinheiten ausgedrückten Energieverbrauch ab.

Ein weiteres Problem bei der Energieverbrauchsmessung stellt die Witterungsabhängigkeit der Energieverbrauchsentwicklung dar, die die Aussagefähigkeit von Energieverbrauchsindikatoren deutlich beeinflussen können (siehe dazu Abschnitt 2.2). Daher sollte bei der Bildung von Effizienzindikatoren grundsätzlich von temperaturbereinigten Energieverbrauchswerten ausgegangen werden. Das Hauptproblem liegt hier vor allem bei der zutreffenden Schätzung der temperaturabhängigen Verbrauchsanteile.

Inwieweit der Primär- oder der Endenergieverbrauch als Ausgangsgröße für Energieverbrauchsindikatoren vorzuziehen sind, ist nicht eindeutig zu beantworten und hängt auch von den jeweils verfolgten Zielsetzungen ab. Der Primärenergieverbrauch ist einerseits sehr weit von den eigentlichen Energieverbrauchsentscheidungen der Gesamtwirtschaft, nämlich derjenigen im Endenergiebereich, entfernt. Andererseits erfasst er auch die Gesamtverluste des Energiesystems, was beispielsweise für Prognosen, aber auch für die Funktion einer Erfolgskontrolle mit Hilfe von Energieverbrauchsindikatoren ein wesentlicher Gesichtspunkt ist. Um beiden Aspekten gerecht zu werden, wäre es ggf. zweckmäßig, nicht den in der Energiebilanz ausgewiesenen Primärenergieverbrauch, sondern den aus den einzelnen Endverbrauchssektoren unter der Annahme bestimmter Umwandlungswirkungsgrade hochgerechneten Primärenergieverbrauch (ähnlich der Verursachungsbilanzen bei den CO₂-Emissionen) zu verwenden.

Als Basis für die Bildung von Energieeffizienzindikatoren auf der Makroebene kommen unterschiedliche Energieverbrauchskategorien in Betracht, wobei hier nicht nur die Ursprungswerte, sondern auch temperatur- sowie – ggf. – lagerbestandsbereinigte Größen herangezogen werden sollten:

- Primärenergieverbrauch (ggf. nach Energieträgern),
- Umwandlungseinssatz, Umwandlungsausstoß,
- Endenergieverbrauch insgesamt (ggf. nach Energieträgern),
- Bruttostromverbrauch.

Ergänzend lassen sich auf der Makroebene wegen des spezifisch klimaschutzspezifischen Interesses auch emissionsbezogene Indikatoren mit Bezug bilden zu

- CO₂-Emissionen insgesamt.
- Treibhausgasemissionen insgesamt,

Als demographische und ökonomische Bezugsgrößen werden im Allgemeinen herangezogen

- die demographischen Veränderungen (Bevölkerung) sowie
- die gesamtwirtschaftliche Entwicklung (Bruttoinlandsprodukt; preisbereinigt)

Die Quotienten zwischen den unterschiedlichen Bezugsgrößen lassen sich dann als Effizienzindikatoren unterschiedlichen Aussagegehaltes interpretieren. Neben den eher gebräuchlichen Produktivitätsindikatoren bzw. Effizienzindikatoren, die eine Aussage darüber zulassen, welches (preisbereinigte) Bruttoinlandsprodukt je Einheit Primärenergieverbrauch (BIP/PEV) bzw. je Einheit Endenergieverbrauch (BIP/EEV) oder je Einheit Bruttostromverbrauch (BIP/BSV) „erwirtschaftet“ wird, sind auch die Pro-Kopf bezogenen Relationen (PEV/Kopf; EEV/Kopf; BSV/Kopf) sowie die primär energiewirtschaftlich orientierten Relationen von Interesse, beispielsweise die Relation von Endenergieverbrauch zu Primärenergieverbrauch (EEV/PEV), die einen Eindruck von dem gesamten Umwandlungsverlust in einer Volkswirtschaft vermittelt. Ähnlich interessant sind Niveau und Entwicklung der impliziten Nutzungsgrade, die sich für die einzelnen Umwandlungssektoren (oder für den Umwandlungssektor insgesamt) aus dem Verhältnis des jeweiligen Umwandlungsausstoßes (UAUS) zum entsprechenden Umwandlungseinsatz (UEIN) ermitteln lassen. Zu dieser Kategorie zählt auch die Ermittlung des Nutzungsgrades für die Stromerzeugung aus dem Verhältnis von Bruttostromerzeugung zu Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung (BSE/EVEL).

Unter Klimaschutzpolitischen Aspekten kommen als Effizienzindikatoren das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zu den Treibhausgas- bzw. CO₂-Emissionen sowie die jeweiligen Pro-Kopf Emissionen in Betracht. Eine Zusammenstellung möglicher Effizienzindikatoren ist Tabelle 7-2 zu entnehmen.

Tabelle 7-2 Effizienzindikatoren auf Makroebene

Energieverbrauchs-/ Emissionsgrößen	Aktivitätsgrößen	Abgeleitete Effizienzindikatoren
<p><i>Mögliche Energiegrößen:</i></p> <p>Primärenergieverbrauch (PEV) Endenergieverbrauch (EEV) Bruttostromverbrauch (BSV) Bruttostromerzeugung (BSE) Energieeinsatz zur Stromerzeugung (EVEL) Umwandlungseinsatz (UEIN) Umwandlungsausstoß (UAUS)</p> <p><i>Ausprägungen:</i></p> <p>Bei PEV und EEV: witterungs-/lagerbestandsbereinigt: ja/nein; insgesamt oder nach Energieträgern</p> <p><i>Ergänzend:</i></p> <p><i>Mögliche Emissionsgrößen</i></p> <p>Treibhausgasemissionen (THG) CO₂-Emissionen (CO₂)</p>	<p><i>Mögliche Größen:</i></p> <p>Bevölkerung Preisbereinigtes Bruttoinlandsprodukt (BIP)</p> <p><i>nachrichtlich:</i></p> <p><i>Gradtagzahlen (zur Temperaturbereinigung)</i></p> <p><i>Lagerbestandsveränderungen HEL (zur Lagerbestandsbereinigung)</i></p>	<p><i>Mögliche Indikatoren:</i></p> <p>BIP/PEV PEV/Kopf BIP/EEV EEV/Kopf BIP/BSV BSV/Kopf BSE/EVEL EEV/PEV UAUS/UEIN (in unterschiedlichen Ausprägungen)</p> <p><i>Ergänzend:</i></p> <p><i>Mögliche Emissionseffizienz</i></p> <p>BIP/THG THG/Kopf BIP/CO₂ CO₂/Kopf</p>

Ein besonderer Aussagewert kommt insbesondere dem Produktivitätsindikator „Bruttoinlandsprodukt je Einheit Primärenergieverbrauch“ schon deshalb zu, weil die Bundesregierung sich zum Ziel gesetzt hat, die so definierte Energieproduktivität bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 zu verdoppeln. Im Sinne eines Monitorings kann diese Kennzahl fortlaufend ermittelt werden, um festzustellen, ob sich die effektive Entwicklung auf dem angestrebten Produktivitätspfad befindet oder ggf. durch energiepolitische Maßnahmen nachgesteuert werden muss.

7.3.1 Aggregation der Daten, Komponentenerlegung

Neben der weiteren Bestimmung und Erarbeitung von Effizienzindikatoren auf der Makroebene sei auch auf die Effizienzeffekte hingewiesen, die sich aus den Veränderungen der Energieträgerstruktur ergeben. Dies ist speziell mit Blick auf den Stromsektor von Interesse, weil sich hier die konventionellen Festlegungen im Hinblick auf die energetische Bewertung der erneuerbaren Energieträger Wind, Wasser und Solar (mit einem impliziten Nutzungsgrad von 100 %) einerseits und der Kernenergie (mit einem impliziten Nutzungsgrad von 33 %) bei jeder Veränderung dieser beiden Energieträger(gruppen) im Niveau des Primärenergieverbrauchs niederschlagen: Steigende Anteile von Wind, Wasser und Solar in Kombination mit fallenden Anteilen der Kernenergie führen unmittelbar zu positiven Effizienzwirkungen auf der Makroebene.

Schließlich werden mit Hilfe von Methoden der Komponentenerlegung Aussagen über die Wirkungsbeiträge der wichtigsten Treiber des Energieverbrauchs wie der CO₂-Emissionen getroffen (Ziesing, 2009c). Dabei sollen mit Bezug auf den Primärenergieverbrauch die folgenden Komponenten einbezogen werden:

- Demographische Komponente (Veränderungen der Bevölkerung)
- Einkommenskomponente (Bruttoinlandsprodukt je Einwohner)
- Energieintensitäts-Komponente (Primärenergieverbrauch je BIP-Einheit)

Bei der Komponentenerlegung mit Bezug auf die Treibhausgas- bzw. CO₂-Emissionen kommt eine weitere Komponente hinzu:

- THG- bzw. CO₂-Gehalt-Komponente (Verhältnis der THG- bzw. CO₂-Emissionen zur Summe des emissionsrelevanten fossilen Primärenergieverbrauchs)

7.3.2 Vergleich Bottom-up und Top-down Ansätze

In einem weiteren – im Rahmen dieser Studie allerdings nicht weiter verfolgten - Schritt könnten die Bottom-up entwickelten sektoralen Indikatoren mit den Top-down erarbeiteten Makroindikatoren verglichen und in ihrem jeweiligen Aussagegehalt hinsichtlich der Veränderungen der Energieeffizienz bewertet werden. Insbesondere wäre von Interesse, beide Indikatorengruppen ineinander zu überführen. Hierzu wären noch die entsprechenden Methoden zu entwickeln und auf ihre Tragfähigkeit zu überprüfen. Vor allem wäre darzustellen, ob und welche Bewertungsunterschiede es mit Blick auf die

Ergebnisse der Bottom-up wie der Top-down entwickelten Indikatoren gibt. Gleiches gilt für den Versuch, aus den sektoralen Effizienzindikatoren mit Hilfe des ODEX-Ansatzes einen gewichteten Gesamtindikator abzuleiten.

Unterschiede zwischen Bottom-up und Top-down-Indikatoren können im Wesentlichen entstehen, wenn unterschiedliche Statistiken zugrunde liegen, welche die Daten unterschiedlich abgrenzen. Hierbei wären vier große statistische System zu diskutieren: Die Abgrenzung der Energiebilanz, die Abgrenzung von Eurostat, die Abgrenzung des europäischen ODYSSEE-Systems (welche weitgehend mit Eurostat kompatibel ist) sowie die Abgrenzung der Emissionsinventare. Wegen des internationalen Vergleichs und der Synergien bei der Datenerhebung für die nationalen Effizienzindikatoren sollte die Kompatibilität mit den ODYSSEE-Indikatoren gesichert bleiben; dazu ist ggf. die Konversion in das national wichtige System der Energiebilanz vorzusehen. Grundsätzlich wäre der Bezug auf die ODYSSEE-Indikatoren für Deutschland schon deshalb zu bevorzugen, weil diese – wie die hier vorliegende Arbeit - überwiegend ebenfalls insbesondere auf den nationalen Energiebilanzen und Auswertungstabellen, den nationale Anwendungsbilanzen sowie den Daten des Statistischen Bundesamtes beruhen.

7.3.3 Darstellung von ausgewählten Effizienzindikatoren auf der Makroebene

Im Folgenden sollen einige Beispiele für mögliche Energieeffizienzindikatoren skizziert werden. Grundlage dafür sind die in Tabelle 7-3 zusammen gestellten demographischen und ökonomischen sowie die energie- und emissionsbezogenen Basisdaten für die Jahre von 1990 bis 2008.

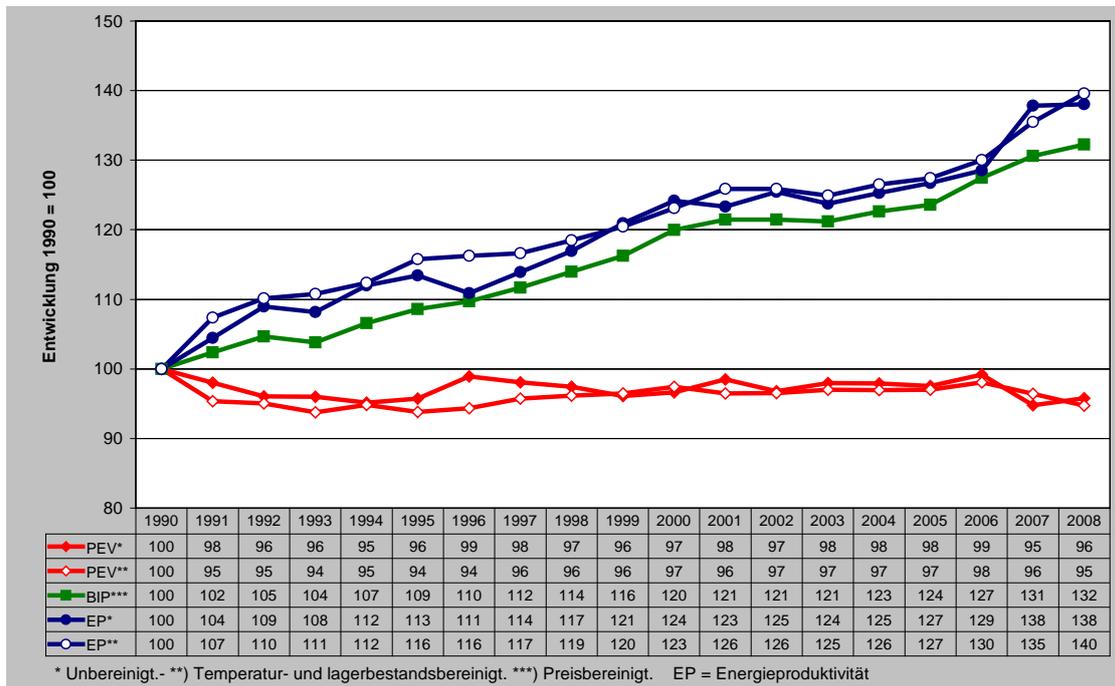
Tabelle 7-3 Basisdaten für die Ermittlung von Energieeffizienzindikatoren für Deutschland auf der Makroebene von 1990 bis 2008

	Einheit	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Demographische, ökonomische und temperaturbezogene Bezugsgrößen								
Bevölkerung	Mio.	79,4	81,7	82,2	82,5	82,4	82,3	82,1
Reales Bruttoinlandsprodukt (BIP)	Mrd. €	1719,3	1867,4	2062,5	2124,6	2191,8	2245,9	2274,1
Gradtagzahlen	Gradtage	3436	3741	3287	3648	3478	3253	3447
Gradtagzahlen (lj. Mittel 1970-2008)		3743	3743	3743	3743	3743	3743	3743
Temperaturfaktor	-	0,918	1,000	0,878	0,975	0,929	0,869	0,921
Lagerbestandsveränderungen	PJ	-26	0	-67	-141	85	-161	87
Energie- und Emissionsdaten (Ursprungswerte)								
Primärenergieverbrauch	PJ	14905	14268	14401	14537	14786	14128	14280
Primärenergieverbrauch (temperatur- und lagerbestandsbereinigt)	PJ	15210	14270	14820	14752	14914	14664	14410
Bruttostromverbrauch	Mrd. kWh	551	542	580	612	617	618	615
"	PJ	1982	1950	2087	2204	2222	2225	2213
THG-Emissionen		1215	1085	1008	969	980	957	945
CO ₂ -Emissionen	Mio. t CO ₂ äquiv.	1036	923	884	852	867	841	832
CO ₂ -Emissionen (temperatur- und lagerbestandsbereinigt)		1058	923	909	864	875	871	839
Endenergieverbrauch (EEV)	PJ	9472	9323	9234	9239	9296	8815	9127
Nichtenergetischer Verbrauch (NEV)	PJ	958	963	1068	1046	1038	1008	1030

Quellen: Statistisches Bundesamt; Deutscher Wetterdienst; Umweltbundesamt; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.

Abbildung 7-1 zeigt den vielfach verwendeten Standardindikator für die Bemessung der gesamtwirtschaftlichen Energieproduktivität, der sich aus dem Verhältnis des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes zum (unbereinigten wie bereinigten) Primärenergieverbrauch ergibt. Danach hat sich bei allen Schwankungen im Detail eine deutliche Tendenz steigender Energieproduktivität herausgebildet. Über den gesamten Zeitraum von 1990 bis 2008 ist danach die (temperatur- und lagerbestandsbereinigte) Energieproduktivität im Jahresdurchschnitt um rund 2 % gestiegen; lässt man die Entwicklung Anfang der neunziger Jahre wegen der radikalen Veränderungen insbesondere in den neuen Bundesländern außer Betracht, mit der eine schon kurzfristig deutliche Erhöhung der Energieproduktivität einherging, so reduziert sich der jahresdurchschnittliche Anstieg von 1992 bis 2008 auf 1,6 %. Das Ziel der Bundesregierung, die Energieproduktivität bis 2020 gegenüber 1990 zu verdoppeln, kann damit in den verbleibenden Jahren nur dann erreicht werden, wenn bis dahin eine mittlere Zunahme um fast 3 % pro Jahr gelingt.

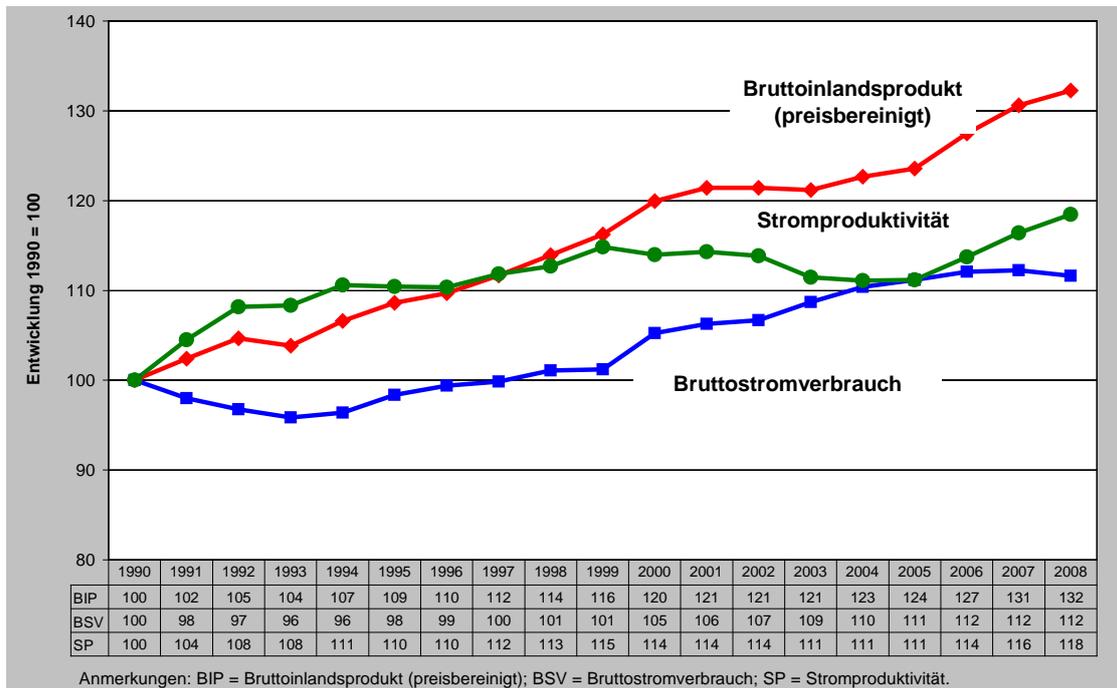
Abbildung 7-1 Primärenergieverbrauch und gesamtwirtschaftliche Energieproduktivität in Deutschland 1990 bis 2008



Quellen: Deutscher Wetterdienst, Statistisches Bundesamt, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.

Die Darstellung der gesamtwirtschaftlichen Stromverbrauchsproduktivität, definiert als das Verhältnis des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes zum Bruttostromverbrauch, ist der Abbildung 7-2 zu entnehmen. Hier zeigt sich ein wesentlich flacherer Verlauf als bei der entsprechenden Energieproduktivität. Dabei folgte einem Anstieg bis Ende der neunziger Jahre ein leichter Rückgang bis 2004, dem sich dann erneut eine Produktivitätsverbesserung anschloss. Über den gesamten Zeitraum von 1990 bis 2008 stieg die Stromverbrauchsproduktivität um durchschnittlich 0,9 % pro Jahr; immerhin wurden seit 2006 Werte in einer Größenordnung von 2 % erreicht. Die im Vergleich zur gesamten Energieproduktivität nur verhalten steigende gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität ist in erster Linie auch Ausdruck der zunehmenden Stromnutzung in zahlreichen neuen und überdies stark expansiven Anwendungsfeldern (z.B. im IT-Bereich), teils auch als Substitut von anderen Primär- und Sekundärenergieträgern.

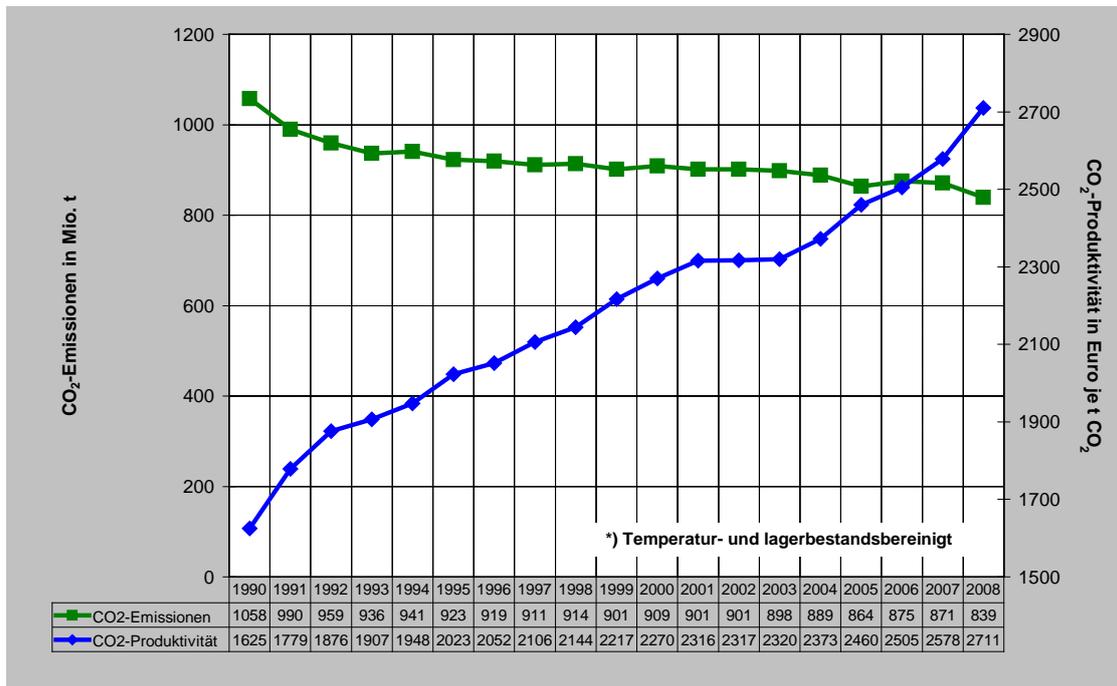
Abbildung 7-2 Bruttoinlandsprodukt¹⁾, Bruttostromverbrauch und gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität²⁾ in Deutschland 1990 bis 2008



Quellen: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.; Statistisches Bundesamt.

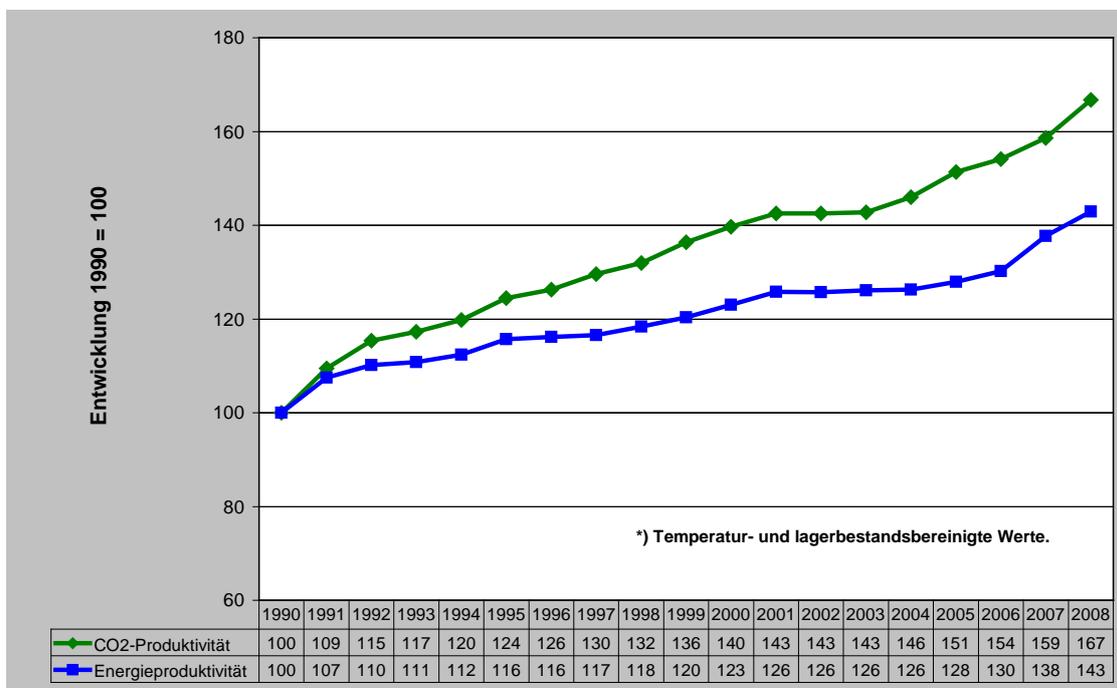
Abbildung 7-3 stellt die Veränderungen der Emissionsproduktivität dar; hier definiert als das Verhältnis des Bruttoinlandsproduktes zu den gesamten (temperatur- und lagerbestandsbereinigten) CO₂-Emissionen. Dabei ist zu erkennen, dass die Emissionsproduktivität von 1990 bis 2008 mit einer jahresdurchschnittlichen Rate von 2,9 % bzw. von 1992 bis 2008 mit einer solchen von 2,3 % wesentlich schneller gestiegen ist als die Energieproduktivität (2,0 bzw. 1,6 % p.a.); siehe dazu auch Abbildung 7-4. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass sich der Anteil der emissionsarmen bzw. emissionsfreien Energieträger am Primärenergieverbrauch in diesem Zeitraum spürbar erhöht hat. So stieg der Anteil der emissionsfreien Energieträger am Primärenergieverbrauch von kaum 20 % im Jahr 1990 auf rund 25 % im Jahr 2000 und schließlich auf nahezu 30 % im Jahr 2008. Insbesondere im Verlauf der Jahre von 2000 bis 2008 hat die expansive Zunahme der (emissionsfreien) erneuerbaren Energieträger zu dieser Entwicklung beigetragen. Zusätzlich spielte der kräftige Anteilsrückgang des Stein- und Braunkohleeinsatzes (von 37 % 1990 auf etwa 24 % 2008), gepaart mit der steigenden Bedeutung des Erdgases (von 15 % auf 20 %) eine wichtige Rolle für die Steigerung der Emissionsproduktivität.

Abbildung 7-3 CO₂-Emissionen und gesamtwirtschaftliche CO₂-Produktivität in Deutschland von 1990 bis 2008



Quellen: AGEB, StBA, DWD, UBA,; Eigene Berechnungen.

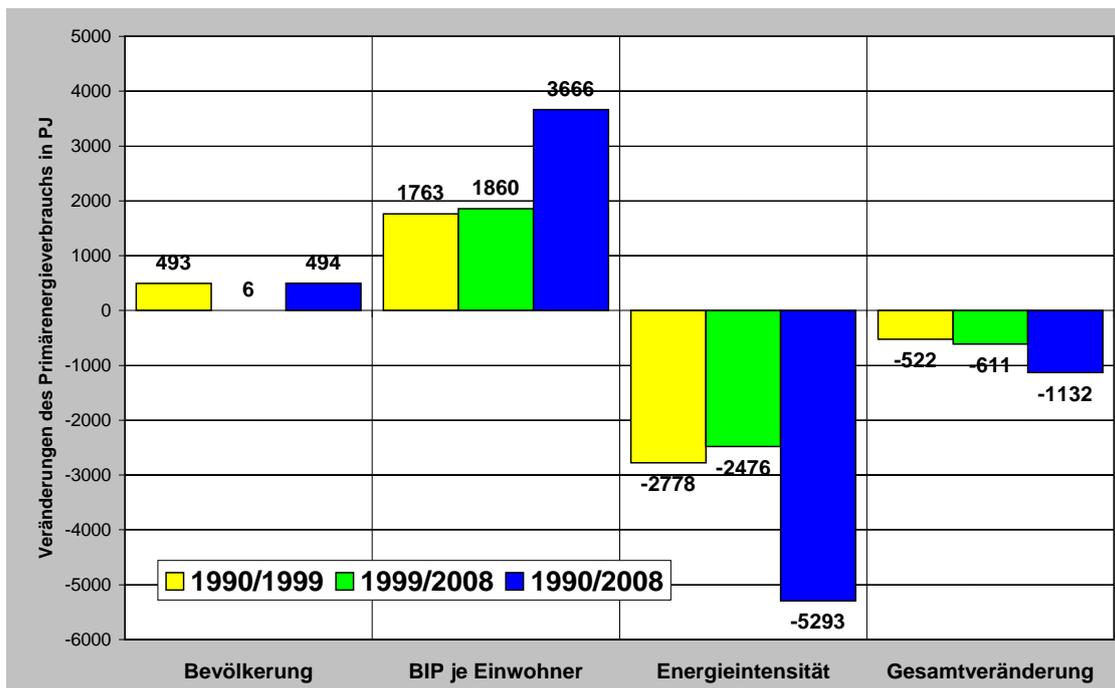
Abbildung 7-4 Gesamtwirtschaftliche Energie- und CO₂-Produktivität in Deutschland von 1990 bis 2008



Quellen: AGEB, StBA, DWD, UBA; Eigene Berechnungen.

Abbildung 7-5 gibt ein Beispiel für die Anwendung der Komponentenzerlegung; hier bezogen auf die Haupttreiber des Primärenergieverbrauchs – die demographische, die gesamtwirtschaftliche (Bruttoinlandsprodukt je Einwohner) sowie die Energieintensitäts-Komponente. Im hier gewählten Zeitraum von 1990 bis 2008 übertrafen die den Verbrauch mindernden Effekte der sinkenden Energieintensität (gleichbedeutend mit steigender Energieproduktivität) die den Verbrauchs erhöhenden Wirkungen vor allem der wachsenden Wirtschaftsleistung pro Kopf (Einkommenskomponente) erheblich. In den 90er Jahren spielte auch die zunehmende Zahl der Einwohner (demographische Komponente) noch eine wichtige Rolle, während zuletzt mit der Bevölkerungsentwicklung kein weiterer Verbrauchsanstieg, sondern sogar eine leichte Verbrauchsreduktion einherging. Im Ergebnis war der temperatur- und lagerbestandsbereinigte Primärenergieverbrauch im Jahre 2008 im Vergleich zu 1990 um rund 1130 PJ oder um 7,4 % niedriger; bemerkenswert ist auch, dass der Rückgang des Primärenergieverbrauchs absolut in der Periode von 1999 bis 2008 mit 611 PJ noch etwas höher ausfiel als in der Periode von 1990 bis 1999 mit 522 PJ (vgl. dazu auch Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 2009)

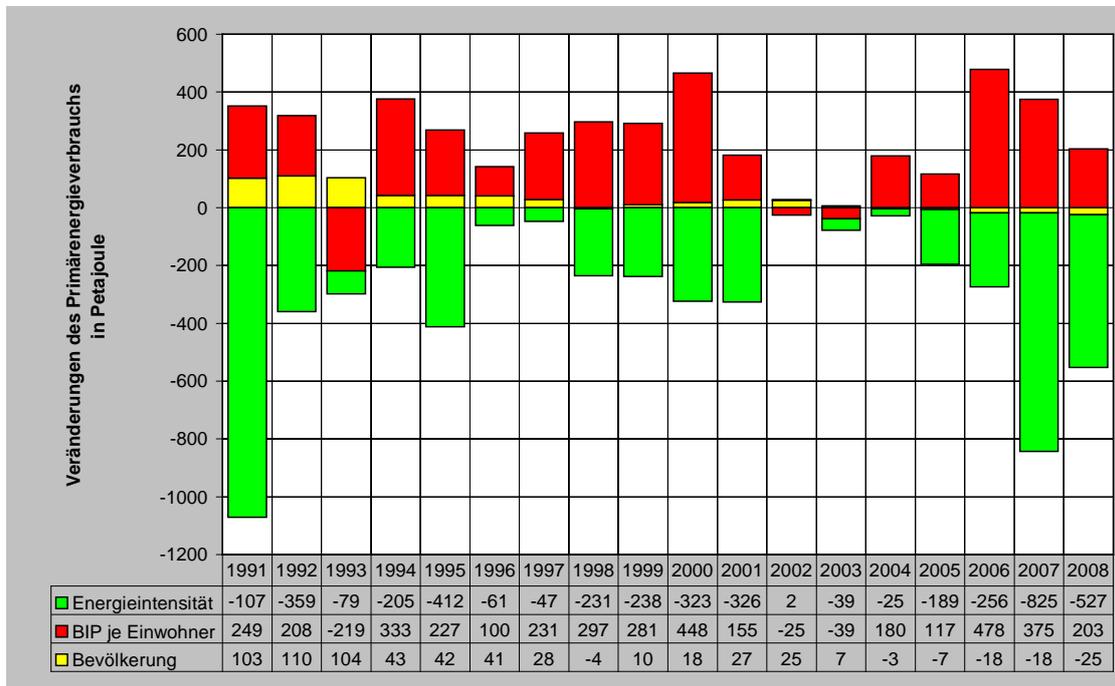
Abbildung 7-5 Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des temperatur- und lagerbestandsbereinigten Primärenergieverbrauchs in Deutschland innerhalb der Periode von 1990 bis 2008



Quellen: Statistisches Bundesamt; Deutscher Wetterdienst; AG Energiebilanzen.

Einen Eindruck von den jährlichen Veränderungen der Bedeutung der den Primärenergieverbrauch beeinflussenden Komponenten liefert Abbildung 7-6. Danach zeigt sich, dass die Wirkungen der sinkenden Energieintensität besonders Anfang der neunziger Jahre und dann wieder am aktuellen Rand besonders ausgeprägt waren

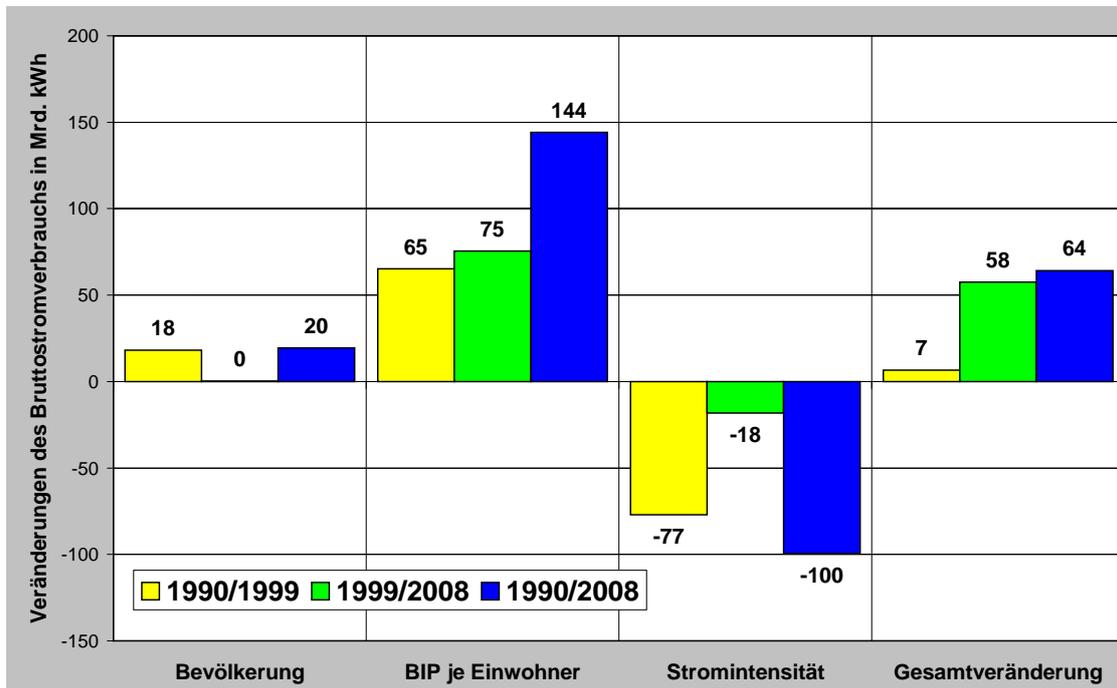
Abbildung 7-6 Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den jährlichen Veränderungen des temperatur- und lagerbestandsbereinigten Primärenergieverbrauchs in Deutschland von 1990 bis 2008



Quellen: Statistisches Bundesamt; Deutscher Wetterdienst; AG Energiebilanzen.

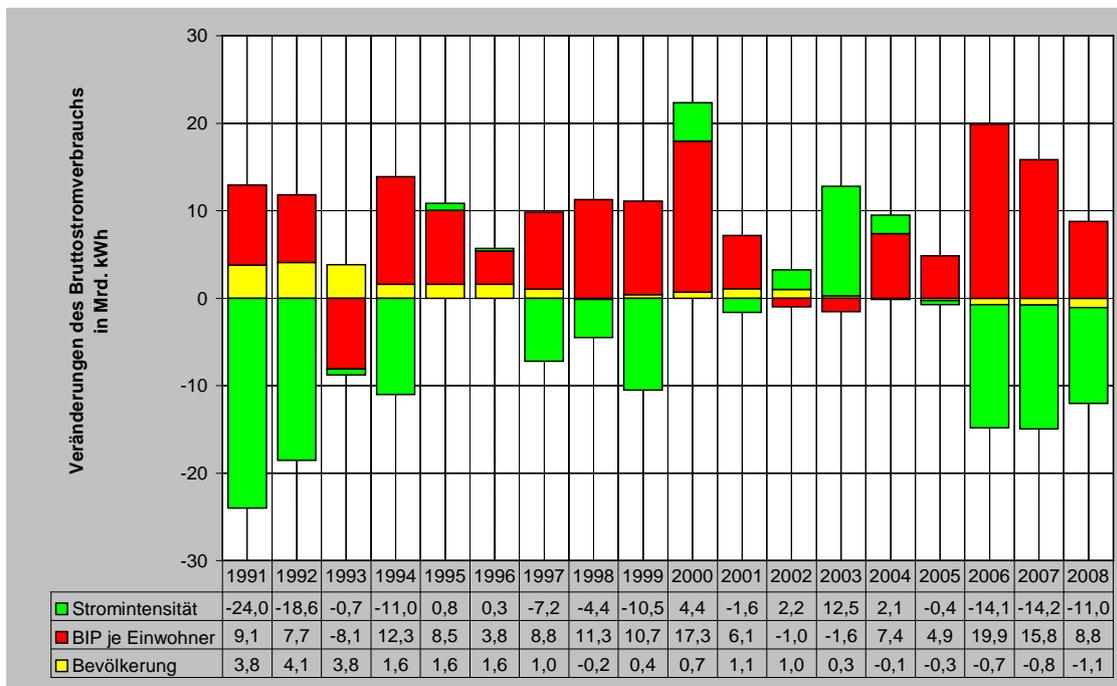
Einen Hinweis auf die Komponenten, die die Entwicklung des Bruttostromverbrauchs „getrieben“ haben, gibt Abbildung 7-7. Danach wurde der im Jahr 2008 gegenüber 1990 um 64 Mrd. kWh höhere Bruttostromverbrauch vor allem durch die Einkommenskomponente bestimmt. Dies zusammen mit dem nur leicht verbrauchssteigerndem Effekt der höheren Bevölkerungszahl übertraf die verbrauchsmindernde Wirkung der sinkenden Stromintensität deutlich. Auffällig ist vor allem, dass diese Wirkungen in der Periode von 1990 bis 1999 erheblich stärker ausgefallen sind als in den Jahren von 1999 bis 2008 mit einem vergleichsweise kräftigen Anstieg des Bruttostromverbrauchs. Ein wesentlicher Grund dafür dürfte in der spezifischen Entwicklung während der ersten Hälfte der neunziger Jahre in den neuen Bundesländern zu suchen sein, als mit der rapiden wirtschaftlichen Umwälzung auch viele weniger effiziente Produktionslinien wegfielen und es umgekehrt zu zunehmend effizienteren Stromnutzungen kam. Dagegen ist in Gesamtdeutschland die Stromintensität von 2000 bis 2005 sogar gestiegen. Erst seit 2006 hat sich diese Tendenz wieder umgekehrt. Dies zeigt auch deutlich ein Blick auf die jährlichen Veränderungen des Einflusses der einzelnen Komponenten auf den Bruttostromverbrauch (vgl. Abbildung 7-8).

Abbildung 7-7 Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des Bruttostromverbrauchs in Deutschland innerhalb der Periode 1990 bis 2008



Quellen: Statistisches Bundesamt; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; BDEW.

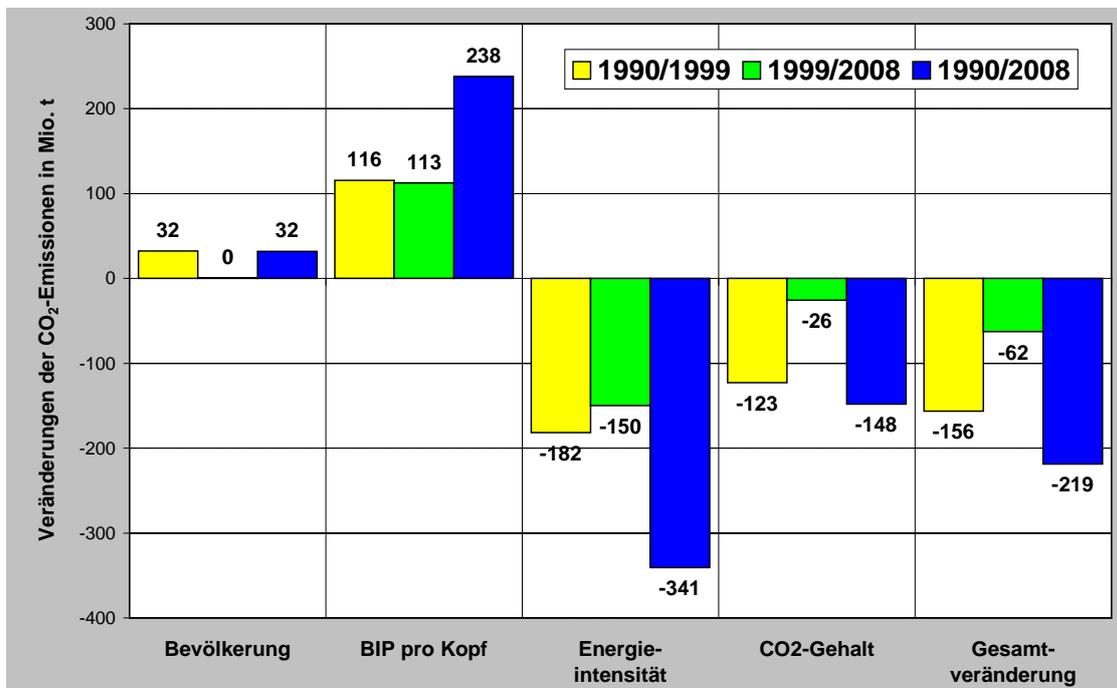
Abbildung 7-8 Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den jährlichen Veränderungen des Bruttostromverbrauchs in Deutschland von 1990 bis 2008



Quellen: Statistisches Bundesamt; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; BDEW.

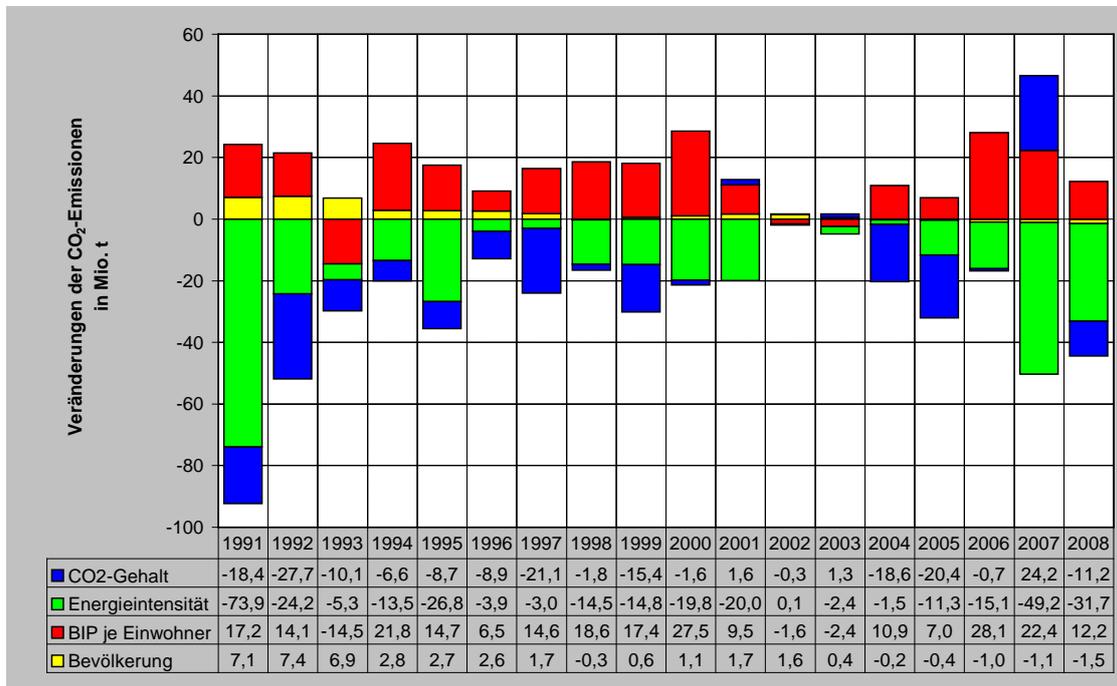
In Abbildung 7-9 wird die Komponentenzzerlegung auf die Veränderungen der CO₂-Emissionen angewendet. Daraus geht hervor, dass die emissionssteigernden Effekte des höheren Bruttoinlandsprodukts je Einwohner und der – zumindest bis 2003 – gewachsenen Bevölkerungszahl zwar in den betrachteten Zeiträumen insbesondere durch die emissionsreduzierenden Wirkungen der gesunkenen Energieintensität, aber auch durch den abnehmenden CO₂-Gehalt des Primärenergieverbrauchs mehr als ausgeglichen werden konnten. Es wird aber auch erkennbar, dass sich der emissionsmindernde Einfluss der Energieintensitäts- wie der CO₂-Gehalts-Komponente zuletzt deutlich abgeschwächt hat. Über die gesamte Periode von 1990 bis 2008 war es in erster Linie die sinkende Energieintensität bzw. die steigende Energieproduktivität, die zu dem Gesamtrückgang der CO-Emissionen um fast 220 Mio. t entscheidend beigetragen hat. Dies wird im Übrigen auch an den jährlichen Veränderungen des Einflusses der einzelnen Komponenten aus Abbildung 7-10 ersichtlich.

Abbildung 7-9 Veränderungen der temperatur- und lagerbestandsbereinigten CO₂-Emissionen in Deutschland nach Einflussfaktoren



Quellen: Umweltbundesamt; Deutscher Wetterdienst; eigene Berechnungen.

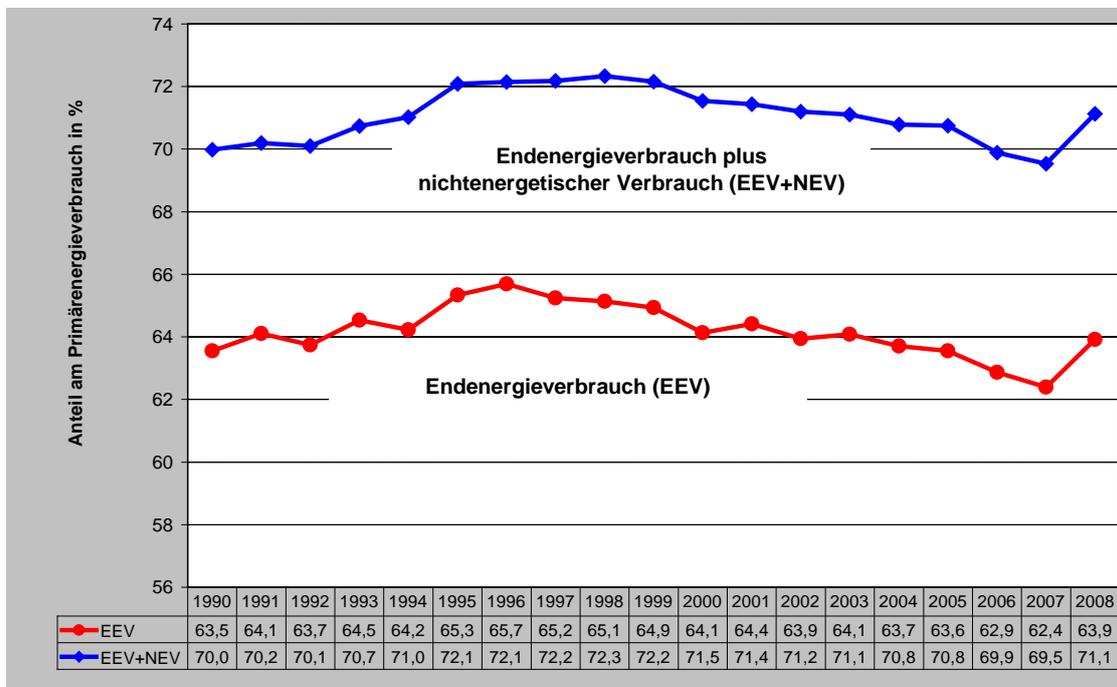
Abbildung 7-10 Jährliche Veränderungen der temperatur- und lagerbestandsbereinigten CO₂-Emissionen in Deutschland nach Einflussfaktoren von 1990 bis 2008



Quellen: Umweltbundesamt; Deutscher Wetterdienst; eigene Berechnungen.

Unter Effizienzgesichtspunkten interessant ist auch das Verhältnis von Endenergieverbrauch und Nichtenergetischem Verbrauch zum gesamten Primärenergieverbrauch. Wie Abbildung 7-11 zeigt, hat sich das Verhältnis innerhalb des Zeitraumes von 1990 bis 2008 zunächst – bis etwa Mitte der neunziger Jahre - spürbar zugunsten des „nutzbaren“ Energieverbrauchs verbessert, ist aber spätestens vom Ende der neunziger Jahre bis etwa 2007 deutlich gesunken und hat sich erst 2008 wieder erhöht. Der Rückgang nach Ende der neunziger Jahre ist in erster Linie eine Folge der wachsenden Bedeutung des Stromsektors mit den damit verbundenen Auswirkungen auf die Umwandlungsverluste. Insgesamt sind Umwandlungsverbrauch und –verluste des Energiesektors gegenwärtig mit etwa 30 % am Primärenergieverbrauch beteiligt.

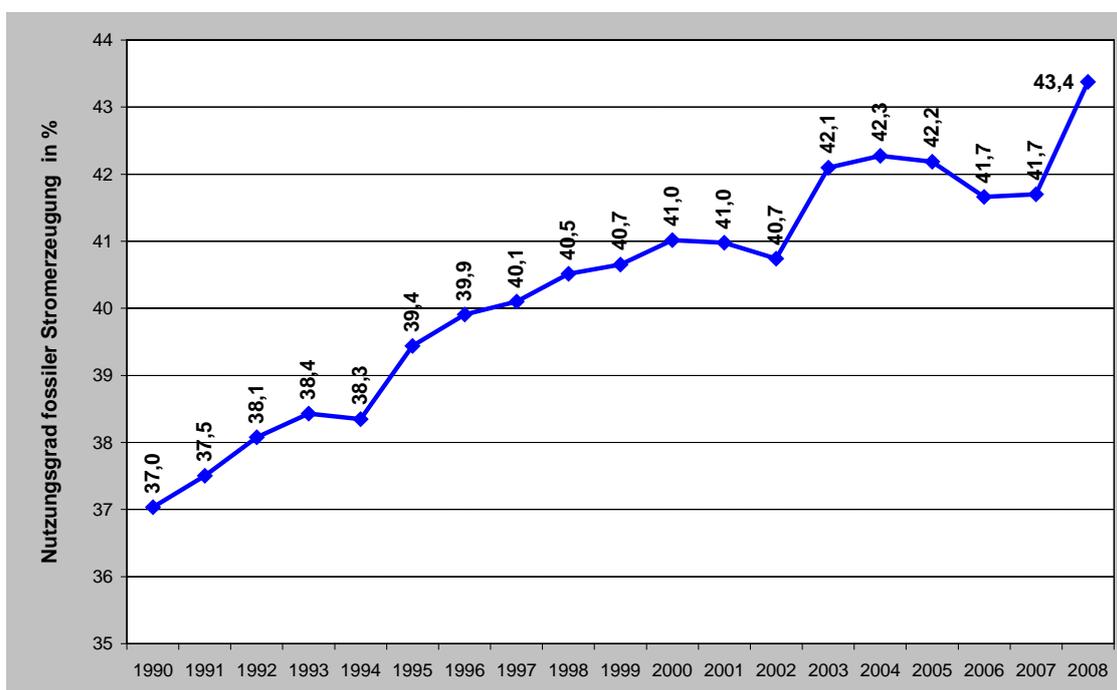
Abbildung 7-11 Relation der Ursprungswerte des Endenergieverbrauchs (EEV) und des nichtenergetischen Verbrauchs (NEV) zum Primärenergieverbrauch (PEV)



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.

Schließlich wird in Abbildung 7-12 dargestellt, welche die Veränderungen des Nutzungsgrades der fossilen Brutto-Stromerzeugung in Deutschland sich aus den Energiebilanzen ermitteln lassen (eine Einbeziehung der Kernenergie wie der erneuerbaren Energien ist wegen der festgelegten Bewertungskonventionen hinsichtlich der Nutzungsgrade – Kernenergie: 33 %; Wasser, Wind, Photovoltaik: 100 % wenig sinnvoll). Danach hat sich der über den fossil gefeuerten Kraftwerkspark gemittelte Nutzungsgrad von rund 37 % Anfang der neunziger Jahre auf reichlich 43 % im Jahr 2008, also um fast sechs Prozentpunkte erhöht.

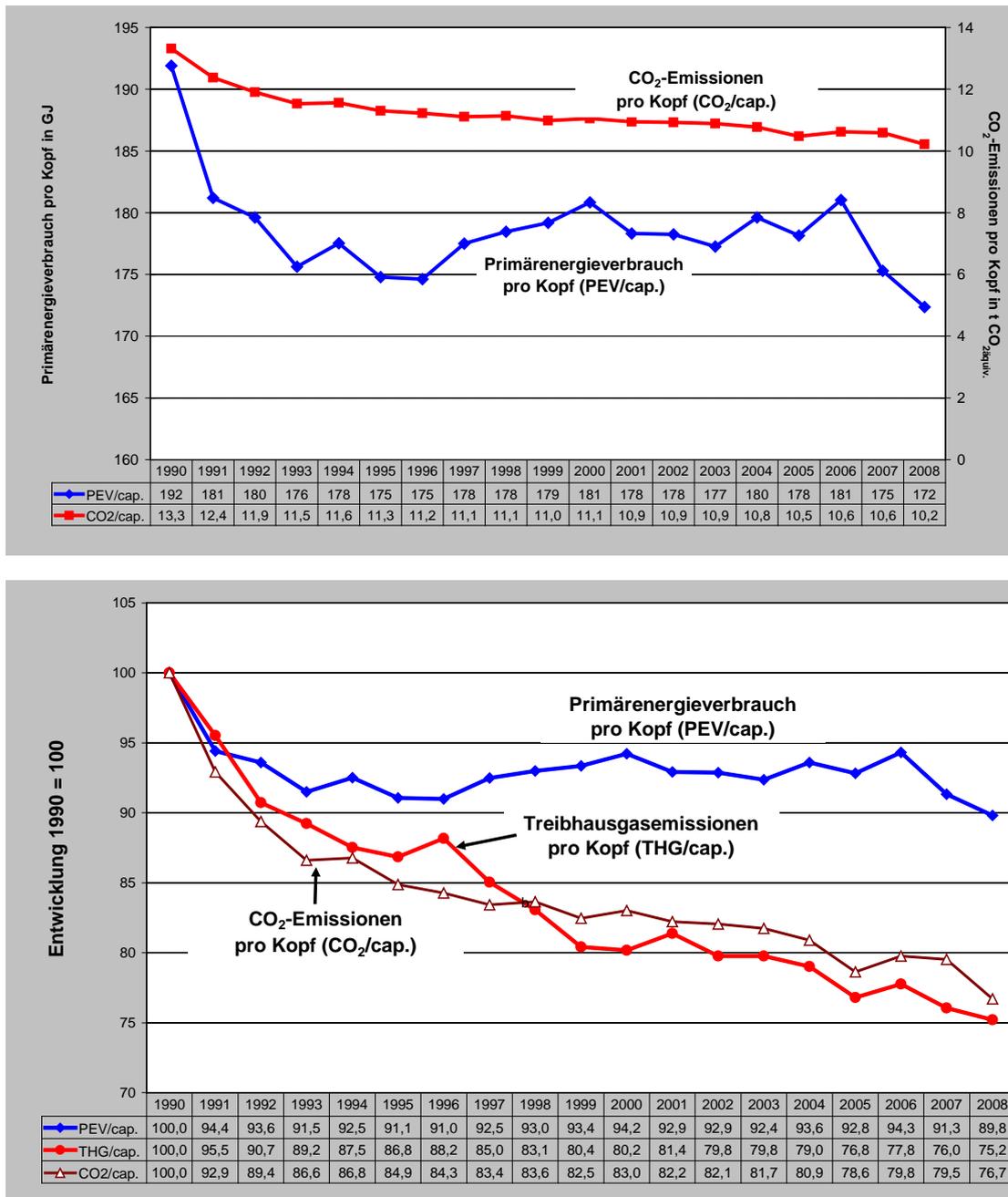
Abbildung 7-12 Entwicklung des Brutto-Brennstoffausnutzungsgrads fossiler Kraftwerke in Deutschland von 1990 bis 2008



Quellen: Statistisches Bundesamt; BDEW; Statistik der Kohlenwirtschaft; AG Energiebilanzen.

Als letztes Beispiel seien in Abbildung 7-13 die Veränderungen des Primärenergieverbrauchs sowie der CO₂-Emissionen pro Kopf genannt. Danach ergibt sich bei den Emissionen pro Kopf mit einer jahresdurchschnittlichen Rate von 1,5 % im Zeitraum von 1990 bis 2008 eine erheblich schnellere Minderung als beim Primärenergieverbrauch pro Kopf, der nur mit einer mittleren Rate von 0,6 % gesunken ist. Absolut gesehen wurden 2008 in Deutschland pro Kopf noch 10,2 t CO₂ emittiert (1990 waren es 13,3 t CO₂), und der Pro-Kopf Primärenergieverbrauch machte rund 170 GJ aus (1990: 192 GJ) aus.

Abbildung 7-13 Entwicklung der Pro-Kopf Werte je Einheit Primärenergieverbrauch und CO₂- bzw. Treibhausgasemissionen in Deutschland von 1990 bis 2008 absolut und relativ



Quellen: Statistisches Bundesamt; Umweltbundesamt; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.

7.4 Vorschlag für Indikatoren auf Makroebene

Für die im Rahmen dieser Studie zu erarbeitende Broschüre wird vorgeschlagen, neben produktivitätsindizierenden Kennzahlen, wie sie zuvor für den Bezug des Bruttoinlandsproduktes auf den Primärenergieverbrauch, den Bruttostromverbrauch und die

CO₂- bzw. Treibhausgasemissionen dargestellt worden sind, auch Pro-Kopf bezogene Werte sowie die Ergebnisse der Komponentenzzerlegung in die bildhafte Darstellung einschließlich einer Kurzkomentierung einzubeziehen. Insgesamt sollten also die folgenden Makro-Indikatoren aufgenommen werden:

- Primärenergieproduktivität bzw. Primärenergieintensität (Bruttoinlandsprodukt je Einheit Primärenergieverbrauch bzw. vice versa)
- Endenergieproduktivität bzw. Endenergieintensität (Bruttoinlandsprodukt je Einheit Endenergieverbrauch bzw. vice versa)
- Stromproduktivität bzw. Stromintensität (Bruttoinlandsprodukt je Einheit Bruttostromverbrauch bzw. vice versa))
- Treibhausgas- bzw. CO₂-Emissionsproduktivität bzw. –intensität (Bruttoinlandsprodukt je Einheit Treibhausgas- bzw. CO₂-Emissionen bzw. vice)
- Pro-Kopf-Angaben bezogen auf Primärenergie, Endenergie, Stromverbrauch, Treibhausgas- bzw. CO₂-Emissionen
- Treiber der Veränderungen des Primärenergieverbrauchs (Komponentenzzerlegung; siehe dazu Abbildung 7-6)
- Treiber der Veränderungen der CO₂-Emissionen (Komponentenzzerlegung; siehe dazu Abbildung 7-10)

Eine numerische Übersicht über derartige Indikatoren ist der Tabelle 7-4 zu entnehmen.

Tabelle 7-4 Überblick über die wichtigsten Energieeffizienzindikatoren auf der Makroebene in Deutschland von 1990 bis 2008

	Einheit	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Primärenergieproduktivität								
Bruttoinlandsprodukt je Primärenergieverbrauch (bereinigt*)	Euro/GJ	113,1	130,9	139,2	144,7	147,3	155,8	161,7
Primärenergieintensität								
Primärenergieverbrauch (bereinigt*) je Bruttoinlandsprodukt	kJ/Euro	8840	7642	7186	6910	6791	6419	6186
Nutzungsgrad Umwandlungssektor								
Verhältnis Umwandlungsausstoß zu Umwandlungseinsatz	%	72,3	71,9	71,5	72,5	71,8	72,0	72,1
Nutzungsgrad fossile Stromerzeugung (brutto)	%	37,0	39,4	41,0	42,2	41,7	41,7	43,4
Endenergieproduktivität								
Bruttoinlandsprodukt je Endenergieverbrauch	Euro/GJ	181,5	200,3	223,4	229,9	235,8	254,8	249,2
Endenergieintensität								
Endenergieverbrauch je Bruttoinlandsprodukt	kJ/Euro	5509	4993	4477	4349	4241	3925	4013
Stromproduktivität								
Bruttoinlandsprodukt je Bruttostromverbrauch	Euro/kWh	3,12	3,45	3,56	3,47	3,55	3,63	3,70
Stromintensität								
Bruttostromverbrauch je Bruttoinlandsprodukt	MWh/Euro	320	290	281	288	282	275	270
Treibhausgasproduktivität								
Bruttoinlandsprodukt je Treibhausgasemissionen	Euro/t CO _{2äqu}	1415	1721	2046	2193	2237	2347	2406
Treibhausgasintensität								
Treibhausgasemissionen je Bruttoinlandsprodukt	kg CO _{2äqu} /Euro	0,707	0,581	0,489	0,456	0,447	0,426	0,416
CO₂-Emissionsproduktivität								
Bruttoinlandsprodukt je CO ₂ -Emissionen (bereinigt*)	Euro/t CO ₂	1625	2023	2270	2460	2505	2578	2711
CO₂-Emissionsintensität								
CO ₂ -Emissionen (bereinigt*) je Bruttoinlandsprodukt	kg CO ₂ /Euro	0,615	0,494	0,441	0,406	0,399	0,388	0,369
Pro-Kopf-Indikatoren								
Primärenergieverbrauch (bereinigt*)	GJ/cap.	191	175	180	178	181	175	171
Endenergieverbrauch	GJ/cap.	119	114	112	112	113	107	111
Bruttostromverbrauch	kWh/cap.	6933	6632	7052	7423	7493	7513	7486
Treibhausgasemissionen	t CO _{2äqu} /Euro	15,3	13,3	12,3	11,7	11,9	11,6	11,5
CO ₂ -Emissionen (bereinigt*)	t CO ₂ /Euro	13,3	11,3	11,1	10,5	10,6	10,6	10,2

Anmerkung: *) bereinigt = temperatur- und lagerbestandsbereinigt.

Quellen: Statistisches Bundesamt; Umweltbundesamt; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Deutscher Wetterdienst; BDEW; MWV.

8 Literatur

- AGEB (2008): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland 1990-2006 und Auswertungstabellen 1990-2007. Stand September 2008. DIW Berlin, EEFA, Köln (<http://www.ag-energiebilanzen.de>).
- AGEB (2009): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2008. Berlin 1/2009. (<http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=118>)
- ages GmbH (2008): Verbrauchskennwerte 2005. Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland. 2. Aufl., Münster. (<http://ages-gmbh.de>)
- AGEB / BDEW (1990-2007): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen / VDEW-Projektgruppe "Nutzenergiebilanzen": Endenergieverbrauch in Deutschland (verschiedene Jahrgänge)
- Almeida, A.T.; Ferreira, F.; Fong, J.; Fonseca, P. (2008): EUP Lot 11 Motors, Preparatory study for the Energy Using Products (EuP) Directive, Coimbra.
- ATMOSFAIR (2009): Hintergrundpapier zum Emissionsrechner
<http://www.atmosfair.org>
- BAG (2008): Marktbeobachtung Güterverkehr, Jahresbericht 2007. Bundesamt für Güterverkehr. Köln 2008
- Bayer, W. (2003): Amtliche Energiestatistik neu geregelt. In: Statistisches Bundesamt (Hrsg.) Wirtschaft und Statistik, Heft 1, 2003, S. 33 ff.
- BDB (2008): Daten und Fakten 2007/2008. Bundesverband der Deutschen Binnenschifffahrt (BDB), www.binnenschiff.de, Duisburg 2008
- BDEW (2008a): Endenergieverbrauch in Deutschland 2007. Berlin, Dezember 2008
- BDEW (2008b): Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft 2008: Energie-Info. Endenergieverbrauch in Deutschland 2006. Berlin
- BDH (2008a): Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. 2008: Gründe für Nicht-Modernisierung
http://www.bdh-koeln.de/html/pdf/pdf_presse/faktoren_080109.pdf
- BDH (2008b): Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. 2008: Energieeffizienz von Wärmeerzeugungsanlagen – Technikrends und Potenziale.
http://www.bdh-koeln.de/html/pdf/pdf_presse/get-nord-2008---effizienz-waermeerzeuger.pdf
- BDH (2009): Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. (26.01.2009): Jahrespressekonferenz: Dynamischer Trend zu Effizienz und erneuerbaren Energien im Heizungsbereich. Download 02.04.2009.
- BDZ (2008): Bundesverband der Zementindustrie. Zement in Zahlen. Stand 2008

- Bine Informationsdienst (2004). Wärmerückgewinnung bei Hochtemperatur-Prozessen in projektinfo 03/04
- BMU (2008): BMU- Erneuerbare Energien in Zahlen, Berlin
- BMVBS (2007): Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2007: Verkehr in Zahlen 2007/2008, Berlin
- BMVBS (2009a): Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2009: Verkehr in Zahlen 2008/2009. Bearbeitet vom DIW. Bonn/Berlin 2009
- BMVBS (2009b): Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2009: Wohnen und Bauen in Zahlen 2008/2009.
- BMWI (2008a): Bundesministerium für Wirtschaft: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen II (Excel-Tabelle)
- BMWI (2008b): Bundesministerium für Wirtschaft: Zahlen und Fakten. Energiedaten. Nationale und internationale Entwicklung, Berlin, 28.11.2008
- BWK (2009): Nr. 6
- Bürger (2009): Systematisierung technischer und verhaltensbedingter Stromeinsparpotenziale. Transpose Working Paper. Januar 2009. Öko-Institut Freiburg
- Bundesgesetzblatt (BGBl. I S. 2867) (2002): Gesetz zur Neuregelung der Energiestatistik und zur Änderung des Statistikregistergesetzes und des Umsatzsteuergesetzes vom 26. Juli 2002, Artikel 1 „Gesetz über Energiestatistik (Energiestatistikgesetz – EnStatG)“
- CEMEP (European sector committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) (2009): Jährliche Veröffentlichung zu den Marktanteilen energieeffizienter Elektromotoren in Europa
(<http://www.cemep.org/index.php?id=21#c18>)
- CO2online et al. (2007): CO₂ Gebäudereport 2007. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). co2online GmbH und Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Berlin, November 2007.
- COM (2008): European Commission, Monitoring Daten gemäß 1753/2000/EC.
http://ec.europa.eu/environment/air/transport/co2/co2_monitoring.htm (2000-2007). Brüssel 2008
- CRF (2008): Common Reporting Format Tables - Germany 2008
- Diekmann, J., Eichhammer, W., Neubert, A., Rieke, H., Schlomann, B., Ziesing, H.-J. (1999): Energie-Effizienz-Indikatoren. Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis. Physika-Verlag Heidelberg 1999
- Diekmann, J. und Ziesing, H.-J. (1997): The Determination of a Common Method for the Climatic Correction of Energy Consumption Data in the EU. Study on Behalf of the European Commission. Berlin, September 1997

- DIW, Fraunhofer ISI, IfE/TUM (2000): Erarbeitung kostengünstiger Erhebungsformen zur Erfassung des effektiven Energieverbrauchs im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (Projektnummer 27/99). Berlin, Karlsruhe, München. Oktober 2000
- DIW (2005) Kunert, U. et al: Aktualisierung und Weiterentwicklung der Berechnungsmodelle für die Fahrleistungen von Kraftfahrzeugen und für das Aufkommen und für die Verkehrsleistungen im Personenverkehr (MIV). Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Berlin April 2005. DIW-Wochenbericht Nr. 50/2008. Berlin 2008
- DIW, Öko-Institut, VIK (2007). Ermittlung der Potenziale für die Anwendung der Kraft-Wärme- Kopplung und der erzielbaren Minderung der CO₂-Emissionen einschließlich Bewertung der Kosten (Verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung). Umweltbundesamt: Dessau
- DIW (2008) Kalinowska, D., U. Kunert: Kraftfahrzeugverkehr 2007: Alternative Antriebe bei Pkw auf dem Vormarsch. DIW-Wochenbericht Nr. 50/2008. Berlin 2008
- DWD (2004): Klimastatusbericht 2003; Deutscher Wetterdienst; Offenbach, 2004
- DWD (2008): Klimastatusbericht 2007; Deutscher Wetterdienst; Offenbach, 2008
- Enerdata (2008): Definition of Energy Efficiency Indicators in the ODYSSEE database. Enerdata, Grenoble/France, February 2008. www.odyssee-indicators.org
- EU-Kommission (2009): Europäische Kommission, DG TREN: Recommendation note "Harmonised *top-down* calculation model". KOM 090623. Status: 23.06.2009
- Eurostat (2009): Eurostat - Database Download 17-02-2009
- EWI / Prognos (2005): Energiereport IV. Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030. Energiewirtschaftliche Referenzprognose. Schlussbericht für das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Köln, Basel, April 2005.
- Fachverband WDVS (2009): Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme: Statistik Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme IV/2008. Marktentwicklung 1980-2008, Stand Februar 2009
- Fraunhofer ISI, Cepe (2003): Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 – Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Fraunhofer ISI, Cepe. Karlsruhe, Zürich 2003, online: <http://www.isi.fraunhofer.de>
- Fraunhofer ISI, DIW, GfK, IE, IfE/TUM (2004): Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Karlsruhe, Berlin, Nürnberg, Leipzig, München, April 2004.
- Fraunhofer ISI, FfE, TU Dresden (2005): Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombe-

- triebener Haushalts- und Bürogeräte, Studie im Auftrag des BMWi. Karlsruhe, München, Dresden, 2005, online: <http://www.isi.fraunhofer.de>
- Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK (2009): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Karlsruhe, München, Nürnberg.
- Fraunhofer IZM, Fraunhofer ISI (2009): Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Berlin, Karlsruhe.
- Frondel, M., Grösche, P., Tauchmann, H., Vance, C., Christiansen, G., Müller, U. (2008): Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2005. RWI Essen und forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH. Forschungsprojekt Nr. 15/06 des BMWi.
- Geiger, B., Gruber, E., Megele, W. (1999): Energieverbrauch und Einsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung. Heidelberg: Physica-Verlag.
- GfK (2009): unveröffentlicht.
- Görgen, R. und Ziesing, H.-J. (1996): Zur Reform der Energiebilanzen. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 1/2-1996.
- HBEFA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1. im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin und Wien und des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft Berlin. Bern/Berlin/Wien 2004
- IFS (2006): Institut für Städtebau, Wohnungswirtschaft und Bausparwesen e.V. - Pro Kopf-Wohnfläche weiter gestiegen. 19. April 2006, Berlin
- International Energy Agency (IEA) (2004): 30 Years of Energy Use in IEA Countries. OECD/IEA, Paris 2004. www.iea.org
- International Energy Agency (IEA) (2008): Worldwide trends in Energy Use and Efficiency. Key Insights from IEA Indicator Analysis. OECD/IEA, Paris 2008
- IWU (2007): Institut Wohnen und Umwelt. Querschnittsbericht Energieeffizienz im Wohngebäudebestand – Techniken, Potenziale, Kosten und Wirtschaftlichkeit, Studie im Auftrag des Verbandes der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft e.V. (VdW südwest), Darmstadt 2007.
- IZES et al. (2007): Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES) und Bremer Energie Institut: Studie zu den Energieeffizienzpotenzialen durch Ersatz von elektrischem Strom im Raumwärmebereich. Eine Studie im Auftrag von co2online gGmbH. Saarbrücken 2007.
- Jochem, E.; Angerer; Gerhard; Ball, M.; Bradke, H.; Celik, B.; Eichhammer, W.; Mannsbart, W.; Marschneider-Weidemann, F.; Walz, R.; Wietschel, M.; Nathani, C.; Schön, M. (2003): Werkstoffeffizienz - Systemanalyse zu den Kreislaufpoten-

- zialen energieintensiver Werkstoffe und ihrem Beitrag zur rationellen Energienutzung, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- KBA (2008a): Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes, Fahrzeugzulassungen: Bestand, Emissionen, Kraftstoffe zum 1. Januar 2008. Flensburg April 2008
- KBA (2008b): Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes, Fahrzeugzulassungen: Neuzulassungen, Emissionen, Kraftstoffe zum Jahr 2008. Flensburg April 2008
- Lambauer, J.; Fahl, U.; Ohl, M.; Blesl, M.; Voß, A. (2008) Industrielle Großwärmepumpe – Potenziale, Hemmnisse und Best-Practice Beispiele. IER – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung: Stuttgart
- Leibniz Universität Hannover (2009): „Es gibt noch viel zu tun“. Repräsentative Stichprobenerhebung zu nachträglich durchgeführten Energiesparmaßnahmen im Wohngebäudebestand von Hannover. Auswertung. Februar 2009
- LH (2008): Balance. Nachhaltigkeitsbericht der Deutschen Lufthansa AG <http://verantwortung/lufthansa.com>. Frankfurt im Juni 2008
- Lindegger, M.; Biner, H.P.; Evequoz, B.; Emery, M.; Salathé, D.; Gosteli, Y.; Imgrüth, D.; Zumstein, D. (2006): Wirtschaftlichkeit, Anwendungen und Grenzen von effizienten Permanentmagnet Motoren, Bern: Bundesamt für Energie.
- Messer, R., Ziesing, H.-J. (1992): Zur Bewertung der energiestatistischen Datenbasis vgl. auch: Aktueller und längerfristiger Bedarf an energiestatistischen Basisdaten. Gutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft. Juni 1992.
- MWV (2007): Mineralölwirtschaftsverband e.V.: Mineralölverbrauch in Deutschland Januar bis Dezember 2007. Dezember 2007.
- Nowack, M. und Weisbrod, J. (1995): Auswirkungen der NACE-Verordnung und der Prodcom Verordnung auf die kurzfristigen Statistiken im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe. In: Wirtschaft und Statistik, Heft 3/1995, S. 192 ff.
- Odyssee (2008): Odyssee Database, Download 20-11-2008
- Öko-Institut (2006): Kühl- und Gefriergeräte als EcoTopTen-Produkte. Produkt-Nachhaltigkeitsanalyse (PROSA) von Kühl- und Gefriergeräten und Ableitung von Kriterien für die EcoTopTen-Verbraucherinformationskampagne. Zweite korrigierte Fassung. Freiburg August 2006.
- Öko-Institut, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Forschungszentrum Jülich, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI), Dr. Ziesing (2009): Politikszenerien V – auf dem Weg zum Strukturwandel. Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ 306 16 025 für das Umweltbundesamt (UBA), Berlin.
- Öko-Institut et al. (2009): Öko-Institut 2009, Politikszenerien V. Berlin, Jülich, Karlsruhe.

- Prognos (2000): Prognos AG (Hrsg.) 2000: Energiereport III. Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin, Basel, Köln, Stuttgart
- Prognos (2006): Prognos AG (Hrsg.) 2006: Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage, Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030, Berlin, Basel, Köln, Stuttgart
- Prognos (2009): Prognos AG 2009: Trendstudie Energemarkt 2020 mit Ausblick auf 2030. Energie in privaten Haushalten, im Auftrag des BDEW, Basel, Frankfurt am Main
- Sanitär+Heizungstechnik 10/2009
- StBA (2003a): Statistisches Bundesamt 2003: Wirtschaftsrechnungen. Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern 1998-2002. Fachserie 15 Reihe 2. Wiesbaden
- StBA (2003b): Statistisches Bundesamt 2003: Wirtschaftsrechnungen. Einkommens- und Verbrauchsstichprobe - Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern. Fachserie 15 Heft 1. Wiesbaden
- StBA (2004): Statistisches Bundesamt 2004: Bautätigkeit und Wohnungen. Bestand an Wohnungen. Fachserie 5 / Reihe 3. 31.Dezember 2002. Erschienen im Januar 2004. Wiesbaden
- StBA (2006): Statistisches Bundesamt 2006: Die Nutzung von Umweltressourcen durch die Konsumaktivitäten der privaten Haushalte. Ergebnisse der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 1995 - 2004. Tabellenanhang, Download 02.03.2009
- StBA (2007a): Statistisches Bundesamt 2007: Wirtschaftsrechnungen. Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern 2000-2006. Fachserie 15 Reihe 2. Wiesbaden
- StBA (2007b): Statistisches Jahrbuch 2007 für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden, September 2007 (und frühere Jhg.)
- StBA (2007c): Statistisches Bundesamt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Qualitätsbericht. Wiesbaden, Oktober 2007
- StBA (2007d): Statistisches Bundesamt 2007: Wirtschaft und Statistik August 2007
- StBA (2008a): Statistisches Bundesamt 2008: Energieverbrauch der privaten Haushalte 1995-2006
- StBA (2008b): Statistisches Bundesamt 2008: Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten Gebrauchsgütern 2002-2007. Fachserie 15 Reihe 2. Wiesbaden
- StBA (2008c): Statistisches Bundesamt 2008: Wohngebäude, Wohnfläche, Wohnungen: Deutschland, Stichtag, Anzahl der Wohnungen. Fortschreibung Wohngebäude- und Wohnungsbestand. GENESIS-Tabelle: 31231-0001. Download 20.11.2008

- StBA (2008d): Statistisches Bundesamt 2008: Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden: Deutschland,, Stichtag, Anzahl der Räume, Fortschreibung Wohngebäude- und Wohnungsbestand. GENESIS-Tabelle: 31231-0001. Download 20.11.2008
- StBA (2008e): Fachserie 18, Reihe 1.4. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 26.11.2008
- StBA (2008f): Binnenschifffahrt (Fachserie 8: Verkehr; Reihe 4). Stuttgart 2008
- StBA (2008g): Luftverkehr (Fachserie 8: Verkehr; Reihe 6). Stuttgart 2008
- StBA (2008h): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2008. Wiesbaden, November 2008
- StBA (2008i): Statistisches Bundesamt 2008: Bautätigkeit und Wohnungen. Fachserie 5 Heft 1. Mikrozensus - Zusatzerhebung 2006. Bestand und Struktur der Wohneinheiten. Wohnsituation der Haushalte. Wiesbaden. Korrigierte Fassung vom 9.April 2008.
- StBA (2008j): Statistisches Bundesamt 2008: Fachserie 4, Reihe 6.4. Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe. Wiesbaden. Stand 2008.
- StBA (2008k): Statistisches Bundesamt 2008: Fachserie 4, Reihe 6.5. Statistik der Energiewirtschaft und detaillierte Daten zum Energieverbrauch der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe. Wiesbaden. Stand 2008.
- StBA (2008l): Statistisches Bundesamt 2008: Statistik zum Energieverbrauch der Stahlerzeugung. Wiesbaden. Stand 2008.
- StBA (2008m): Statistisches Bundesamt 2008: Auswertungen aus dem Unternehmensregister für die Berichtsjahre 2003-2005. Wiesbaden.
- StBA (2009a): Statistisches Bundesamt: Fachserie 18, Reihe 1.1. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 14.01.2009 (Tab. 1.10: 1.10 Bevölkerung und Erwerbstätigkeit)
- StBA (2009b): Fachserie 4, Reihe 2.1. Indizes der Produktion und der Arbeitsproduktivität im Produzierenden Gewerbe. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 9.1.2009
- StBA (2009c): Statistisches Bundesamt 2009: Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2009. Teil 5: Energie.
- StBA (2009d): Statistisches Bundesamt 2009: Bevölkerung und Erwerbstätigkeit - Haushalte und Familien - Ergebnisse des Mikrozensus 2008. Fachserie 1 Reihe 3. Wiesbaden
- StBA (2009e): Statistisches Bundesamt: Fachserie 18, Reihe 1.4. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Wiesbaden, 7.9.2009
- StBA (2009f): Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 2.1., Indizes der Produktion und der Arbeitsproduktivität im Produzierenden Gewerbe. Statistisches Bundes-

- amt, Wiesbaden, Stand 9.11.2009 (Tab. 1.1, Produktionsindex für das Produzierende Gewerbe, Originalwert sowie Gewichtungsstruktur über Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten; basierend auf WZ 2008)
- StBA (2009g): Statistisches Bundesamt 2009: Mikrozensus: Haushaltszahlen ab 2005. Erschienen am 28.7.2009 in Bonn.
- <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Wissenschaftsforum/MethodenVerfahren/Mikrozensus/MikrozensusHaushaltszahlen,property=file.pdf>
- StBA (2009h): Statistisches Bundesamt 2009: Bautätigkeit und Wohnungen. Bestand an Wohnungen. Fachserie 5 / Reihe 3. 31.Dezember 2008. Erschienen im Januar 2009. Wiesbaden
- StBA (2009i): Statistisches Bundesamt 2009: Baufertigstellungen: Deutschland, Monate, Bautätigkeiten. Download 5.3.2009
- techem (2003): Energie Kennwerte, Hilfen für den Wohnungswirt. Eine Studie der Techem AG, Ausgabe 2003
- TREMODO (2006): Knoerr, W. et al.: Fortschreibung Daten- und Rechenmodell: Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland 1960 – 2030. TREMODO (Transport Emission Modell). Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Heidelberg 2006
- UBA (2007): Umweltbundesamt 2007: Climate Change 03/07 - Nachhaltige Wärmeversorgung. Sachstandbericht. Dessau
- UBA (2008a): Umweltbundesamt: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2006, April 2008
- UBA (2008b): Umweltbundesamt: Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme, Dessau 2008
- UBA (2009a) Umweltbundesamt: Nationaler Inventarbericht Deutschland. Dessau 2009
- UBA (2009b). Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt (<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de> Zugriff 11.11.2009)
- VDP (Verband Deutscher Papierfabriken) (2008): Papier 2008. Ein Leistungsbericht. Bonn. April 2008
- VDEW/BDEW, Projektgruppe "Nutzenergiebilanzen", div. Jg.
- VDV (2008): VDV Statistik 2007. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen. www.vdv.de. Köln 2008
- VIK (2004): Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. Statistik der Energiewirtschaft
- VIK (2009): Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. persönliche Informationen. 2009
- Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVM) (2008): Metallstatistik 2008.

- Wirtschaftsvereinigung Stahl (2008): Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 2008/2009. Düsseldorf. September 2008
- Ziesing, H.-J. und Diekmann, J. (1995): Energienachfrage in Deutschland in Abhängigkeit von Temperaturschwankungen und saisonalen Sondereffekten. Gutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft. Berlin, September 1995
- Ziesing, H.-J. (2009a): Spezifische Emissionswerte für Strom und Fernwärme in Deutschland von 1990 bis 2008 errechnet auf der Basis der Energiebilanzen und vom UBA vorgegebenen CO₂-Emissionsfaktoren; Stand 18.11.2009
- Ziesing, H.-J. (2009b): Monatliche Gradtagzahlen in Deutschland als Mittelwert von 16 Stationen seit 1990 sowie im langjährigen Mittel von 1970 bis 2008. Zusammenstellung basierend auf DWD (Deutscher Wetterdienst) / IWU (Institut für Wohnen und Umwelt). 2009
- Ziesing, H.-J. (2009c): CO₂-Emissionen in Deutschland im Jahr 2008 im Abschwung. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 59. Jg. (2009) Heft 4, S. 64 ff.
- ZIV 1991-2008 (Zentralinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks): Daten aus den jährlichen Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks. Per Email von Herrn Weisser vom ZIV erhalten.
- ZIV 2008 (Zentralinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2008.
- ZVEI (2009): Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.. Markterhebung zum Absatz von Frequenzumrichtern. Persönliche Mitteilung vom 18.11.2009. Frankfurt

9 Glossar

Endenergie:

Endenergie ist der Teil der *Primärenergie*, der dem Verbraucher nach Umwandlung zur Verfügung steht (z.B. Kohlebriketts, Heizöl, Erdgas, Strom, Fernwärme, Wärme aus Solarkollektoren).

Energiebedarf:

Der Energiebedarf wird, speziell im Bereich der Gebäudewärmeversorgung, anhand der energetischen Qualität von Gebäude und Heizungssystem berechnet.

Energieverbrauch:

Der Energieverbrauch wird, speziell im Bereich der Gebäudewärmeversorgung, gemessen und bspw. durch Heizkostenabrechnungen ermittelt. Die Höhe des (Wärme-)Energieverbrauchs wird neben der energetischen Qualität auch durch das Nutzerverhalten bestimmt.

Lagerbestandsbereinigung:

Die Lagerbestandsbereinigung dient der Ermittlung des Verbrauchs von lagerfähigen Endenergeträgern, z. B. Heizöl während eines Kalender- oder Abrechnungsjahres. Die verbrauchte Menge ist die Differenz zwischen verkaufter Menge und gelagerter Menge.

Nutzenergie:

Die Nutzenergie ist der Teil der *Endenergie*, der dem Endnutzer zur Deckung seiner Bedürfnisse zur Verfügung steht (z. B. Raumwärme, Warmwasser, Licht)

Odex:

Der Odex ist ein Energieeffizienz-Index auf re-aggregierter Ebene, der sich für verschiedene Sektoren ebenso wie auf Makroebene bilden lässt. Im Sektor Haushalte werden beispielsweise die Entwicklung der größten Verbrauchsbereiche, gewichtet nach deren Anteilen am gesamten Endenergieverbrauch, durch den Odex abgebildet.

Primärenergie:

Primärenergie bezeichnet die Energieträger, die als natürliche Ressourcen vorkommen (z. B. Braunkohle, Erdöl, Erdgas, Sonnenenergie, Windenergie, Erdwärme).

Wirkungsgrad (Heizungssysteme):

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von abgegebener Energie (Wärme bei Heizkesseln) zu zugeführter Energie (z. B. Erdgas).

Temperaturbereinigung:

Die Temperaturbereinigung wird durchgeführt, um den Energieverbrauch verschiedener Jahre vergleichbar zu machen. Dazu wird der Raumwärme-Energieverbrauch an eine langjährige Durchschnittstemperatur angepasst, wodurch der Effekt von besonders warmen oder kalten Wintern neutralisiert wird.

10 Anhang

Tabelle A 1: Endenergieverbrauch der Haushalte laut Anwendungsbilanzen

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio t SKE											
Mineralöl (unber.)	31,6	33,6	33,3	27,9	25,6	31,0	26,5	26,2	23,7	22,6	24,9	15,0
dav.: HEL	31,6	33,6	33,3	27,9	25,5	30,9	26,4	26,1	23,6	22,5	24,8	14,9
HS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
Vorräte	-1,9	1,6	0,0	-2,6	-1,9	1,2	-1,7	-2,1	-2,7	-3,2	-0,6	-4,0
Mineralöl (ber.)	33,5	32,0	33,3	30,5	27,5	29,8	28,2	28,3	26,3	25,7	24,2	19,0
dav.: HEL	33,5	32,0	33,3	30,5	27,4	29,7	28,1	28,2	26,3	25,7	24,2	18,9
Gase	39,7	35,5	35,8	34,0	33,1	36,6	36,2	38,0	37,6	36,1	33,7	30,3
dav.: Erdgas	38,0	35,5	35,8	34,0	32,0	35,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Andere Gase	1,7	0,0	0,0	0,0	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom	16,2	16,0	16,3	15,9	16,1	16,5	16,8	17,1	17,2	17,4	17,4	17,3
Fernwärme	6,0	5,7	5,8	5,6	5,4	5,7	5,5	5,5	5,5	5,2	4,4	4,4
Kohle	3,1	2,7	1,7	1,6	1,2	1,3	1,0	1,0	1,7	1,4	1,3	1,2
Sonstige	3,5	3,4	5,4	5,4	5,4	6,5	6,4	6,9	6,9	7,3	7,0	6,9
Insgesamt (unber.)	100,1	96,9	98,3	90,4	86,8	97,6	92,4	94,7	92,6	90,0	88,7	75,1
Insgesamt (ber.)	102,0	95,3	98,3	93,0	88,7	96,4	94,1	96,8	95,3	93,2	88,1	79,1

Quelle: AGEB / BDEW 1990-2007

Tabelle A 2: Endenergieverbrauch der Haushalte aus Anwendungsbilanzen angepasst an Energiebilanzen bis 2007

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio t SKE											
Mineralöl (unber.)	34,2	36,1	33,6	28,5	27,8	31,8	28,1	27,7	24,6	24,4	25,8	15,9
dav.: HEL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vorräte	-1,9	1,6	0,0	-2,6	-1,9	1,2	-1,7	-2,1	-2,7	-3,2	-0,6	-4,0
Mineralöl (ber.)	36,1	34,5	33,6	31,1	29,7	30,6	29,8	29,8	27,3	27,6	26,4	19,9
dav.: HEL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gase	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: Erdgas	35,5	32,7	33,0	32,5	32,3	35,0	34,2	35,6	34,7	33,6	32,8	30,5
Andere Gase	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom	16,5	16,1	16,0	16,1	16,0	16,5	16,8	17,1	17,2	17,4	17,4	17,2
Fernwärme	5,6	4,8	4,8	4,5	4,5	4,5	4,6	5,3	5,6	5,2	5,2	5,3
Kohle	3,6	2,3	1,8	1,8	1,7	1,8	1,5	1,3	1,1	1,1	1,3	1,3
Sonstige	3,3	5,4	5,6	5,8	5,8	6,7	6,5	6,8	6,7	6,7	7,0	6,8
Insgesamt (unber.)	98,6	97,4	94,9	89,1	88,2	96,3	91,7	93,8	89,9	88,4	89,5	77,1
Insgesamt (ber.)	100,5	95,8	94,9	91,7	90,1	95,1	93,4	95,9	92,6	91,6	90,1	81,1

Quellen: AGEB / BDEW 1990-2007, AGEB 2009, Anpassung der Anwendungsbilanzen an Energiebilanzen durch Öko-Institut

Tabelle A 3: Endenergieverbrauch der Haushalte für Raumwärme laut Anwendungsbilanzen

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio t SKE											
Mineralöl (unber.)	28,6	30,6	30,3	25,2	23,3	28,6	24,4	24,0	21,6	20,5	22,9	13,4
dav.: HEL	28,6	30,6	30,3	25,2	23,3	28,6	24,4	24,0	21,6	20,5	22,9	13,4
HS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vorräte	-1,9	1,6	0,0	-2,4	-1,7	1,0	-1,5	-2,1	-2,7	-3,2	-0,6	-4,0
Mineralöl (ber.)	30,5	29,0	30,3	27,6	25,0	27,6	25,9	26,1	24,3	23,7	22,3	17,4
dav.: HEL	30,5	29,0	30,3	27,6	25,0	27,6	25,9	26,1	24,3	23,7	22,3	17,4
Gase	35,1	31,0	31,3	29,5	28,5	31,8	31,5	32,3	31,9	30,6	28,6	25,6
dav.: Erdgas	34,1	31,0	31,3	29,5	27,6	30,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Andere Gase	1,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom	3,3	2,8	2,8	2,6	2,6	2,9	2,8	3,0	3,0	2,8	2,5	2,1
Fernwärme	5,3	5,1	5,2	5,1	4,9	5,2	5,0	5,0	5,0	4,7	3,9	3,9
Kohle	3,0	2,6	1,6	1,5	1,1	1,2	0,9	0,9	1,6	1,3	1,1	1,0
Sonstige	3,1	3,0	5,0	5,0	5,0	6,2	6,1	6,3	6,4	6,8	6,5	6,4
Insgesamt (unber.)	78,4	75,1	76,2	68,9	65,4	75,9	70,7	71,5	69,5	66,7	65,5	52,4
Insgesamt (ber.)	80,3	73,5	76,2	71,3	67,1	74,9	72,2	73,6	72,2	69,9	64,9	56,4

Quelle: AGEB / BDEW 1990-2007

Tabelle A 4: Endenergieverbrauch der Haushalte für Raumwärme, aus Anwendungsbilanzen angepasst an Energiebilanzen bis 2007

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t SKE											
Mineralöl (unber.)	31,0	32,9	30,6	25,7	25,3	29,4	25,9	25,4	22,4	22,1	23,8	14,2
dav.: HEL												
HS												
Sonstige												
Vorräte	-1,9	1,6	0,0	-2,4	-1,7	1,0	-1,5	-2,1	-2,7	-3,2	-0,6	-4,0
Mineralöl (ber.)	32,9	31,3	30,6	28,1	27,0	28,4	27,4	27,5	25,1	25,3	24,4	18,2
dav.: HEL												
Gase												
dav.: Erdgas	31,4	28,5	28,9	28,2	27,8	30,4	29,8	30,2	29,5	28,5	27,8	25,8
Andere Gase												
Strom	3,4	2,8	2,8	2,6	2,6	2,9	2,8	3,0	3,0	2,8	2,5	2,1
Fernwärme	4,9	4,3	4,3	4,1	4,1	4,1	4,2	4,8	5,1	4,7	4,6	4,7
Kohle	3,5	2,2	1,7	1,7	1,5	1,6	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
Sonstige	2,9	4,8	5,2	5,4	5,4	6,4	6,2	6,2	6,2	6,2	6,5	6,3
Insgesamt (unber.)	77,0	75,5	73,4	67,7	66,8	74,8	70,2	70,9	67,1	65,4	66,3	54,2
Insgesamt (ber.)	78,9	73,9	73,4	70,1	68,5	73,8	71,7	73,0	69,8	68,6	66,9	58,2

Quellen: AGEB / BDEW 1990-2007, AGEB 2009, Anpassung der Anwendungsbilanzen an Energiebilanzen durch Öko-Institut

Tabelle A 5: Endenergieverbrauch der Haushalte für Warmwasser laut Anwendungsbilanzen

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t SKE											
Mineralöl (unber.)	3,0	3,0	3,0	2,7	2,2	2,3	2,0	2,1	2,0	2,0	1,9	1,5
dav.: HEL	3,0	3,0	3,0	2,7	2,2	2,3	2,0	2,1	2,0	2,0	1,9	1,5
HS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vorräte	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,2	0,2	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralöl (ber.)	3,0	3,0	3,0	2,9	2,4	2,1	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,5
dav.: HEL	3,0	3,0	3,0	2,9	2,4	2,1	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,5
Gase	4,2	4,1	4,1	4,1	4,2	4,4	4,3	5,1	5,1	4,9	4,5	4,1
dav.: Erdgas	3,6	4,1	4,1	4,1	4,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Andere Gase	0,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,6	2,8	2,9	2,9	2,9
Fernwärme	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Kohle	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Sonstige	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Insgesamt (unber.)	11,0	10,7	10,7	10,3	9,9	10,3	9,9	10,8	10,8	10,7	10,3	9,5
Insgesamt (ber.)	11,0	10,7	10,7	10,5	10,1	10,1	10,1	10,8	10,8	10,7	10,3	9,5

Quelle: AGEB / BDEW 1990-2007

Tabelle A 6: Endenergieverbrauch der Haushalte für Warmwasser, aus Anwendungsbilanzen angepasst an Energiebilanzen bis 2007

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t SKE											
Mineralöl (unber.)	3,2	3,2	3,0	2,8	2,4	2,4	2,1	2,2	2,1	2,2	2,0	1,6
dav.: HEL												
HS												
Sonstige												
Vorräte	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,2	0,2	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralöl (ber.)	3,2	3,2	3,0	3,0	2,6	2,2	2,3	2,2	2,1	2,2	1,9	1,6
dav.: HEL												
Gase												
dav.: Erdgas	3,8	3,8	3,8	3,9	4,1	4,2	4,1	4,8	4,7	4,6	4,4	4,1
Andere Gase												
Strom	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,6	2,8	2,9	2,9	2,9
Fernwärme	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
Kohle	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Sonstige	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Insgesamt (unber.)	10,8	10,6	10,3	10,1	10,0	10,1	9,8	10,6	10,5	10,5	10,3	9,7
Insgesamt (ber.)	10,8	10,6	10,3	10,3	10,2	9,9	10,0	10,6	10,5	10,5	10,3	9,7

Quellen: AGEB / BDEW 1990-2007, AGEB 2009, Anpassung der Anwendungsbilanzen an Energiebilanzen durch Öko-Institut

Tabelle A 7: Endenergieverbrauch der Haushalte für Kochen (Sonstige Prozesswärme) laut Anwendungsbilanzen

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t SKE											
Mineralöl (unber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: HEL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vorräte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralöl (ber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: HEL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gase	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
dav.: Erdgas	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Andere Gase	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,4	3,4	3,4
Fernwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Insgesamt (unber.)	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	4,0	4,0	4,2	4,2	4,2
Insgesamt (ber.)	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	4,0	4,0	4,2	4,2	4,2

Quelle: AGE B / BDEW 1990-2007

Tabelle A 8: Endenergieverbrauch der Haushalte für Kochen (Sonstige Prozesswärme), aus Anwendungsbilanzen angepasst an Energiebilanzen bis 2007

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t SKE											
Mineralöl (unber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: HEL												
HS												
Sonstige												
Vorräte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralöl (ber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: HEL												
Gase	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
dav.: Erdgas												
Andere Gase												
Strom	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,4	3,4	3,4
Fernwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Insgesamt (unber.)	3,3	3,5	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2
Insgesamt (ber.)	3,3	3,5	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2

Quellen: AGE B / BDEW 1990-2007, AGE B 2009, Anpassung der Anwendungsbilanzen an Energiebilanzen durch Öko-Institut

Tabelle A 9: Endenergieverbrauch der Haushalte für Elektrogeräte (Mechanische Energie) laut Anwendungsbilanzen

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t SKE											
Mineralöl (unber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
dav.: HEL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
Vorräte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralöl (ber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
dav.: HEL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gase	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: Erdgas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Andere Gase	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom	6,0	6,3	6,5	6,3	6,5	6,4	6,7	6,9	6,8	6,9	7,2	7,5
Fernwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt (unber.)	6,0	6,3	6,5	6,3	6,5	6,4	6,7	7,0	6,9	7,0	7,3	7,6
Insgesamt (ber.)	6,0	6,3	6,5	6,3	6,5	6,4	6,7	7,0	6,9	7,0	7,3	7,6

Quelle: AGE B / BDEW 1990-2007

Tabelle A 10: Endenergieverbrauch der Haushalte für Elektrogeräte (Mechanische Energie), aus Anwendungsbilanzen angepasst an Energiebilanzen bis 2007

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t SKE											
Mineralöl (unber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
dav.: HEL												
HS												
Sonstige												
Vorräte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralöl (ber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
dav.: HEL												
Gase												
dav.: Erdgas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Andere Gase												
Strom	6,1	6,3	6,4	6,4	6,5	6,4	6,7	6,9	6,8	6,9	7,2	7,5
Fernwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt (unber.)	6,1	6,3	6,4	6,4	6,5	6,4	6,7	7,0	6,9	7,0	7,3	7,6
Insgesamt (ber.)	6,1	6,3	6,4	6,4	6,5	6,4	6,7	7,0	6,9	7,0	7,3	7,6

Quellen: AGEb / BDEW 1990-2007, AGEb 2009, Anpassung der Anwendungsbilanzen an Energiebilanzen durch Öko-Institut

Tabelle A 11: Endenergieverbrauch der Haushalte für Beleuchtung laut Anwendungsbilanzen

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t SKE											
Mineralöl (unber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: HEL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vorräte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralöl (ber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: HEL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gase	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: Erdgas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Andere Gase	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Fernwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt (unber.)	1,4											
Insgesamt (ber.)	1,4											

Quelle: AGEb / BDEW 1990-2007

Tabelle A 12: Endenergieverbrauch der Haushalte für Beleuchtung, aus Anwendungsbilanzen angepasst an Energiebilanzen bis 2007

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Mio. t SKE											
Mineralöl (unber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: HEL												
HS												
Sonstige												
Vorräte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralöl (ber.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dav.: HEL												
Gase												
dav.: Erdgas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Andere Gase												
Strom	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Fernwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt (unber.)	1,4											
Insgesamt (ber.)	1,4											

Quellen: AGEb / BDEW 1990-2007, AGEb 2009, Anpassung der Anwendungsbilanzen an Energiebilanzen durch Öko-Institut